

**Die Abhängigkeit des
Scheinwiderstandes und der
Polarisationskapazität der Haut
von der Hautdurchfeuchtung**

Sylvia Broili

1961



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER KINDER-POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. G. Weber

**Die Abhängigkeit des
Scheinwiderstandes und der
Polarisationskapazität der Haut
von der Hautdurchfeuchtung**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Sylvia Broili
aus Stuttgart

München 1960

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent:	Professor Dr. Th. HELLBRÜGGE
Korreferent:	Professor Dr. G. WEBER
Dekan:	Professor Dr. Dr. H. EYER

Tag der mündlichen Prüfung: 27.6.1961



I N H A L T

Einleitung	5
I. <u>Die Bedeutung der Hautwasserabgabe für Widerstand und Polarisationskapazität der Haut nach Angaben in der Literatur.</u>	6
1. Der Einfluss klimatischer Faktoren	6
2. Die Wirkung körperlicher Aktivität	9
3. Die Wirkung verschiedener Pharmaka auf Widerstand und Kapazität der Haut	11
4. Der Einfluss der Durchfeuchtung der Haut	15
II. <u>Eigene Untersuchungen.</u>	17
1. Methodik	17
2. Versuchsanordnung	22
3. Ergebnisse	24
III. <u>Diskussion der Ergebnisse</u>	40
Zusammenfassung	43
Literaturverzeichnis	45

In den letzten Jahrzehnten hat das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes auch in der Paediatric ein stärkeres Interesse gefunden. So hatte schon SALGE (58) darauf aufmerksam gemacht, dass der Widerstand der Haut im Kindesalter grosse Schwankungen aufweise und darum etwa bei Bestimmungen der elektrischen Nervenirregbarkeit besonders berücksichtigt werden müsse. Ebenso fiel CZERNY (13) bei seinen Schlaftiefenmessungen mit Induktionsströmen auf, dass der Widerstand der Haut bei verschiedenen Kindern grosse Unterschiede aufwies und dass er bei den gleichen Kindern an verschiedenen Tagen nicht konstant war. Auch STOLLBERG (63) berichtete über die grossen intra- und interindividuellen Unterschiede des Hautwiderstandes im Kindesalter. RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE und NIGGESCHMIDT (54) konnten klären, dass ein Teil dieser Unterschiede auch im Kindesalter durch tagesperiodische Änderungen des Hautwiderstandes verursacht wird.

Durch eine Reihe von Beobachtungen aus dem Bereiche der Neurologie (RICHTER und MALONE (50); JASPER (27); RICHTER (48); TOMPSON, BROSE und SMITHWICK (65); RAY und CONSOLE (46) u. a.), sowie durch klimaphysiologische Untersuchungen (AUE und BECKER (2); RUTENFRANZ und WENZEL (56); WAGNER (67)) wurde die Vermutung nahegelegt, dass auch im Kindesalter die grossen intra- und interindividuellen Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes durch Änderungen in der Hautwasserabgabe bzw. durch Schwankungen der Schweißdrüsenaktivität hervorgerufen werden.

Um die Ursachen der Widerstandsänderungen der Haut näher zu analysieren, haben wir darum Untersuchungen über die Abhängigkeit des elektrischen Hautwiderstandes und der Polarisationskapazität der Haut von der Durchfeuchtung der oberen Hautschichten durchgeführt. Änderungen der Hautdurchfeuchtung erzeugten wir dabei durch das Auftragen unterschiedlicher Flüssigkeitsmengen, durch die Iontophorese von Pilokarpin sowie durch klimatische Einflüsse. Da einige dieser Untersuchungen etwas schmerzhaft waren, führten wir unsere Experimente nicht bei Kindern, sondern an Jugendlichen und Studenten durch. Nach einem kurzen Einblick in die Literatur soll darum zur Frage der Ursachen von Hautwiderstands- und Kapazitätsänderungen der Haut auf Grund unserer Versuche Stellung genommen werden.

I. DIE BEDEUTUNG DER HAUTWASSERABGABE FÜR WIDERSTAND UND POLARISATIONSKAPAZITÄT DER HAUT NACH ANGABEN DER LITERATUR.

1. Der Einfluss klimatischer Faktoren.

Über den Einfluss klimatischer Faktoren auf den elektrischen Hautwiderstand liegen zahlreiche Beobachtungen vor.

Die meisten Autoren haben sich jedoch nur mit dem Einfluss der Raumtemperatur auf elektrische Eigenschaften der Haut befasst, während Angaben über Luftfeuchte, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit, Umgebungstemperatur und Ausmass der Bekleidung fast ausnahmslos fehlen.

So untersuchte MASUI (36) das Verhalten des Gleichstromwiderstandes bei einer Versuchsperson, die sich 120 Min. in einer heissen Kammer aufhielt. Dabei wurde der Hautwiderstand auf dem rechten Vorderarm alle 2 Min. gemessen und gleichzeitig an der symmetrischen Stelle des anderen Unterarms alle 20 Min. die Schweissabgabe über einer 20 cm² grossen Hautfläche nach der Methode von KUNO (32) bestimmt. Bei diesem Versuch ergab sich, dass gleich nach dem Betreten der Kammer die Hautwasserabgabe zunahm und der Widerstand gleichzeitig abnahm. In der nächsten Stunde stieg der Widerstand langsam wieder an, obschon die abgegebene Schweissmenge noch weiter anstieg und erst am Ende des 120 Min. dauernden Versuches ihr Maximum erreichte.

RICHTER (48) untersuchte den Einfluss von Heissluftbädern auf den elektrischen Widerstand der Haut, wobei die Versuchspersonen mit Ausnahme des Kopfes in einen Heissluftkasten gelegt wurden. Er benützte für die Messungen unpolarisierbare Elektroden aus Zinksulfatlösung und blankem Zink, deren Oberfläche mit einer dünnen Schicht von Kaolin überzogen war. Als Messgerät verwendete er ein Einthofen-Galvanometer, wobei 1 mV 1 cm der Skala entsprach. Die Messungen wurden an den Handinnenflächen und am Handrücken durchgeführt. Richter fand, dass der Widerstand an den Handflächen von 140 auf 25 K-Ohm absank und führt dabei die Widerstandsänderung in der Hauptsache auf die Aktivität der Schweissdrüsen zurück, während Kapillaren, Epithelzellen und Hornhaut geringe Bedeutung haben sollen. Bei den Messungen auf dem Handrücken sank der Widerstand von 1400 auf 20 K-Ohm ab. Hier sah Richter die Ursache für die Änderung des Widerstandes in erster Linie in einer Änderung der Permeabilität des Epithels und in einer Vermehrung der Perspiratio insensibilis.

WAGNER (68) untersuchte mit dem Dermometer nach Richter und Whelan das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes in einer Klimakammer bei verschiedenen Raumtemperaturen. Bei Gesunden fand er unter Raumtemperaturen von 13°, d.h. bei einer Temperatur, bei der die Schweissdrüsen inaktiv sind, extrem hohe Gleichstromwiderstände, die nach einem 30 minütigen Aufenthalt in einer Heissluftkammer auf sehr niedere Werte abfielen. Im Gegensatz hierzu beobachtete er bei zwei Patientinnen (Mutter und Tochter) mit angeborenem Schweissdrüsenmangel (Ektodermale Dysplasie), dass der Widerstand mit 3000 K-Ohm auch bei

Hitzebelastung am Stamm extrem hoch blieb, da sich dort gar keine Schweissdrüsen befanden. Unter der Achsel dagegen waren die Schweissdrüsen teilweise erhalten, dort war der Widerstand nach 30 minütiger Hitzebelastung ca. 150 K-Ohm.

Auch NESSWETHA (39) fand bei Untersuchungen mit Hilfe des Elektrodermatometers nach Regelsberger, dass die Elektrodermatogrammwerte (EDG) sehr deutlich von den Umgebungstemperaturen abhängig waren. Bei Aussentemperaturen zwischen 27° und 30° lagen die registrierten EDG-Werte nämlich extrem hoch. Durch 2 stündigen Aufenthalt in einer Klimakammer bei 19° sanken sie auf sehr niedrige Werte ab. Rechnet man diese Leitwerte in Ohmsche Widerstände um, so zeigt sich, dass der Widerstand umso höher war, je niedriger die Umgebungstemperatur war und umgekehrt.

BAITSCH (4) untersuchte bei einer Versuchsperson das Verhalten des Gleichstromwiderstandes an den Fingerendgliedern (sogenannter akraler Hautwiderstand) nach einem 1 Min. dauernden Saunabad bei 90° C Lufttemperatur. Der Widerstand an den Fingern sank im Mittel von 165 K-Ohm auf 108 K-Ohm ab. Nach 13 minütiger Abkühlung in Wasser stieg der Widerstand über den Ausgangswert an.

RUTENFRANZ und WENZEL (56) führten in einer Klimakammer Arbeitsversuche bei verschiedenen Raumtemperaturen unter sonst konstanten Bedingungen durch. Die Versuchsperson hatte dabei auf einer um 5° geneigten Tretbahn, deren Ablaufgeschwindigkeit 3,5 km/Std. betrug, eine mittelgrosse Steigarbeit zu leisten. Die Windgeschwindigkeit betrug bei allen Versuchen 0,5 m/sec., die relative Luftfeuchtigkeit lag bei 60-65%. Die Raumtemperatur blieb bei jedem Versuch konstant, wurde aber bei den einzelnen Versuchen zwischen 18 und 36° C variiert.

Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass der Hautwiderstand im Mittel umso niedriger, die Hautkapazität umso grösser war, je höher die Raumtemperatur lag. Brachte man Widerstand und Kapazität der Haut mit der durch Wägung der Versuchsperson bestimmten Hautwasserabgabe in Beziehung, so fand sich mit zunehmender Schweissverdunstung ein linearer Anstieg der Kapazität und eine geometrisch progressive Abnahme des Hautwiderstands.

AUE und BECKER (2) benützten ebenfalls das Elektrodermatometer nach Regelsberger für ihre Untersuchungen. Sie untersuchten 5 Versuchspersonen im Alter von 9 - 15 Jahren 12 Tage lang 6 mal täglich. Die Mahlzeiten wurden dabei immer zur gleichen Zeit gegeben, um Störungen hinsichtlich des von Regelsberger angegebenen Nahrungsrhythmusses zu vermeiden. Sie wollten Veränderungen des Hautwiderstandes feststellen, die durch meteorologische Ereignisse beeinflusst werden. Die Untersuchungen wurden nach telefonischer Benachrichtigung vor, während und nach verschiedenen Wettersituationen (Kaltfront, Warmfront, Occlusion, freier Föhn, Aufgleitprozess) vorgenommen und die Ergebnisse mit denen bei ungestörter Wetterlage verglichen. Sie wurden im Sommer, im Winter und bei künstlichem Raumklima durchgeführt. Es ergab sich eine deutliche Beeinflussung des elektrischen Hautwiderstandes durch das Wettergeschehen. Die Beziehung be-

stand insofern, als einem hohen Temperatur-Feuchte Komplex (ausgedrückt durch die Äquivalenttemperatur=Lufttemperatur in °C + 2 mal Dampfdruck in mm) hohe EDG-Werte entsprachen und umgekehrt. Da bei den Leitwertmessungen mit dem Elektrodermatometer nach Regelsberger hohe EDG-Werte sehr niedrigen Hautwiderständen entsprechen, bedeutet dies, dass der elektrische Hautwiderstand sich reziprok zur Äquivalenttemperatur verhielt. Es blieb jedoch die Frage offen, ob der beobachtete Einfluss des Umweltmilieus auf das Elektrodermatogramm sich direkt an der Haut im Sinne einer Steigerung der Perspiratio insensibilis und damit einer Verringerung des Hautwiderstandes auswirkt, oder ob eine zentrale Reaktion über das vegetative Nervensystem besteht. Auch wurde die Möglichkeit einer gleichzeitigen peripheren und zentralen Beeinflussung in Betracht gezogen.

Von RUTENFRANZ und WENZEL (56) wurde ebenfalls der Einfluss klimatischer Faktoren auf Hautwiderstand und Kapazität bestimmt. Sie benützten eine Wheatstone-Messbrücke, die die Messung von Widerständen und Kapazitäten gestattete. Die Wechselströme verschiedener Frequenz wurden einem Schwebungssummeer entnommen. Als Elektroden dienten Netze aus V2A Stahl. Folgende Versuche wurden durchgeführt: 5 Versuchspersonen im Alter zwischen 15 und 30 Jahren leisteten im Verlauf mehrerer Monate an 26 Arbeitstagen an einem Laboratoriumsfließband gleichbleibende Arbeit. An jedem dieser Tage wurde 13 mal der Hautwiderstand gegen 15000 Hz/2V gemessen. Zur Ausschaltung der interindividuellen Unterschiede der mittleren Tageshautwiderstände an den einzelnen Tagen wurde bei den einzelnen Versuchspersonen das arithmetische Mittel aus den Tagesmitteln der 26 Beobachtungstage gebildet und für jeden Tag die prozentuale Abweichung von diesem Wert berechnet.

Als Index für die klimatischen Verhältnisse im Arbeitsraum benützten sie wie Aue und Becker die Äquivalenttemperatur. Während des Beobachtungszeitraums hoben sich deutlich nach dem Verlauf der Äquivalenttemperatur zwei verschiedene klimatische Abschnitte voneinander ab: Vom 6.-14. Tag war es kühler, vom 16.-23. Tag war es wärmer, als dem Durchschnitt des Beobachtungszeitraums entsprochen hätte. Während der kühleren Zeit war der Hautwiderstand signifikant erhöht und während des wärmeren Zeitabschnittes signifikant erniedrigt. Jedoch modifiziert dieser Einfluss der Temperatur nur eine individuell vorgegebene Höhe des Hautwiderstandes. Rutenfranz und Wenzel stellten fest, dass die individuellen Unterschiede bei niedriger Umgebungstemperatur deutlicher ausgeprägt waren als bei hohen Temperaturen.

Auch GERNAND (22) hat auf eine Abhängigkeit des elektrischen Hautwiderstandes von meteorologischen Faktoren hingewiesen. Er führte mit Hilfe des EDG nach Regelsberger innerhalb eines Monats Untersuchungen an 20 Patienten, die an Lungentuberculose erkrankt waren und an 10 gesunden Versuchspersonen durch. Die Werte wurden von 10-12^h und 15-17^h gemessen. Erst nach Abschluss der Messungen wurden die meteorologischen Daten eingeholt und in die Diagramme gezeichnet. Dabei zeigte sich bei einer organisch gesunden Versuchsperson mit sogenannter "normotoner" Ausgangslage erst bei Durchzug einer kräftigen Warmfront

mit anschliessendem Wetterumbruch eine mässige Tendenz zur Erhöhung des Hautwiderstandes; bei Kaltluftdurchzügen war nichts Auffallendes feststellbar. In weiteren Diagrammen wird dargestellt, dass mit einer umso stärkeren "Wetterreaktion" zu rechnen sein soll, je mehr die allgemeine Reizschwelle des Sympathikus herabgesetzt ist, folglich ein sogenannter Sympathicushypertoniker als besonders wetterempfindlich bezeichnet werden muss. Von den beobachteten meteorologischen Vorgängen erwiesen sich praktisch aber nur die Frontpassagen als wirksam. Dabei verstärkte der plötzliche Eintritt eines Witterungswechsels die meteorologischen Reaktionen des elektrischen Hautwiderstandes erheblich.

HIRSCHBERGER und REITER (24) untersuchten mit dem Regelsbergerschen Elektrodermatometer 20 gesunde Knaben und 10 Patienten beiderlei Geschlechts, um den Einfluss von Wettervorgängen und Sonneneruptionen festzustellen. Es wurden über 2 1/2 Monate hin täglich 2 mal an mehreren Hautstellen Widerstandsmessungen vorgenommen. Die Autoren glauben "eine deutliche Veränderung des Hautwiderstandes 36-48 Std. nach Eruptionen auf der Sonne" beobachtet zu haben. Trotzdem schreiben die Autoren, dass sich die Messungen als "objektiver Test zur Feststellung eines etwaigen Wettereinflusses" nicht bewährt hätten.

Im Gegensatz zu den bisher geschilderten Beobachtungen scheinen Befunde von BARNETT (5) zu stehen. Er fand bei 20 gesunden Versuchspersonen, dass der Widerstand der Haut bei 11160 Hz zwischen Dezember und April besonders tief war, und vom Mai ab im Laufe des Sommers deutlich anstieg, wobei die Widerstandserhöhungen zwischen 40 und 150% gegenüber den Winterwerten lagen. Ob es sich um eine spezifische jahreszeitliche Abhängigkeit handelt, oder ob die Raumtemperaturen, die hier nicht angegeben wurden, als Ursache anzusprechen sind, kann hier nicht gesagt werden.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass trotz mancher Unterschiede nach den Untersuchungen der meisten Autoren der Widerstand der Haut umso niedriger gefunden wird, je höher die Umgebungstemperatur ist und umgekehrt.

2. Die Wirkung körperlicher Aktivität.

Da körperliche Arbeit bekanntlich die Hautwasserabgabe steigert, wurde der Einfluss körperlicher Arbeit auf den elektrischen Hautwiderstand von mehreren Autoren untersucht. So fand RICHTER (48), dass schon eine leichte Arbeit einen starken Abfall des Gleichstromwiderstandes verursachte, ohne dass allerdings irgendwelche Schweissabsonderungen an der Haut sichtbar waren.

Er führte hierfür folgenden Test durch: eine Versuchsperson hielt die Arme 1 Min. lang ausgestreckt, belastet mit einem kleinen Gewicht. Dabei sank der Widerstand von 290 000 Ohm, gemessen bei Ruhelage der Arme, auf 20 000 Ohm ab.

REGELSBERGER (47) untersuchte das Verhalten der elektrischen Hautkurve mit Hilfe von Leitwertmessungen im dosierten Arbeitsversuch. Er fand, dass klei-

neren Anstrengungen, "welche zum Programm des Alltagslebens gehören", keine nennenswerten Änderungen der Kurve hervorbrachten. Eine ungewohnte Steigerung der Leistung ergab jedoch eine erhebliche Erhöhung des Kurvenniveaus, d.h. eine Erniedrigung des elektrischen Hautwiderstandes. Ausserdem fand er, dass die mit Hilfe des EDG gewonnene "Arbeitskurve" eine grosse Annäherung an die Werte der Basedow-Kranken zeigte und glaubte darum, beides auf die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes zurückführen zu können. Ebenfalls als kreislaufbedingt deutete er den parallelen Kurvenverlauf, welchen das Verhalten des elektrischen Gleichstromwiderstandes nach einer Arbeitsleistung von 50 Kniebeugen mit dem Ablauf der alveolären Kohlensäurespannung zeigte.

Auch BORNEMANN (8) beobachtete nach körperlicher Arbeit ungenannter Art häufig eine Verringerung des Gleichstromwiderstandes.

Ebenso beobachtete STOLLBERG (63) bei Kindern in 133 von 165 Einzelbeobachtungen im Anschluss an leichte sportliche Betätigung eine Verminderung des Gleichstromwiderstandes.

Untersuchungen über den Einfluss verschieden schwerer Arbeit auf den Wechselstromwiderstand und die Polarisationskapazität der Haut gegen Ströme verschiedener Frequenz wurden von RUTENFRANZ und WENZEL (56) durchgeführt. Sie führten ihre Messungen mit der bereits erwähnten Methode durch. Bei ihren Untersuchungen hatten drei weibliche Versuchspersonen im Alter von 19 und 20 Jahren im Laufe eines Vormittags 4 mal 15 Min. lang an einer Stanze zu arbeiten. Zwischen den einzelnen Arbeitsabschnitten lagen je 45 Min. Pause. Es wurden insgesamt 66 Versuche durchgeführt. Vor und nach der Arbeit wurden jedesmal Widerstand und Kapazität bei 500, 1000 und 10 000 Hz gemessen. Die Raumtemperatur lag durchweg zwischen 18 und 20°C. Es ergab sich nach der Stanzarbeit ein statistisch "signifikantes" Ansteigen der Kapazität und eine "signifikante" Erniedrigung des Widerstandes.

Um die Abhängigkeit von Widerstand und Kapazität der Haut von der Arbeitsschwere weiter zu analysieren, haben die Autoren Arbeitsversuche am Fahrradergometer nach E. A. MÜLLER (38) durchgeführt. Eine 28 Jahre alte, normalbekleidete, männliche Versuchsperson leistete in 46 Versuchen jeweils 7,5 Min. lang Arbeit zwischen 5 und 25 mkg/sec. Vergleichsweise wurden ausserdem Widerstand und Kapazität in 10 Versuchen gemessen, bei denen die Versuchsperson die gleiche Zeitdauer ruhig auf einem Stuhl sass. Die Raumtemperaturen wurden möglichst auf 18°C. eingestellt. Schon bei Arbeit mit einer Schwere von 10 mkg/sec fanden die Autoren nach 7,5 min eine deutliche Erniedrigung des Wechselstromwiderstandes und zwar um ca. 65%. Bei schweren Arbeiten bis zu 25 mkg/sec nahm der Widerstand bei weitgehender Erschöpfung der Versuchsperson nach 7,5 Min. Arbeit geometrisch progressiv bis um 95% des Ausgangswertes ab, während die Kapazität mit der Arbeitsschwere linear anstieg.

BLANK und FINESINGER (6) führten Gleichstrommessungen mit einem Messgerät nach LEVINE (33) und mit 0.5 mm dicken Zinkelektroden durch. Die Messungen wurden gleichzeitig an den Unterarmen und an den Handinnenflächen vor-

genommen. Wenn die Versuchsperson ruhig auf einem Bett lag, stieg der Hautwiderstand an den Unterarmen deutlich an, während er bei einem anschliessenden 4 minütigen "Step-test", bei welchem innerhalb jeder Minute 16 mal eine Stufe von 30 cm Höhe erstiegen werden musste, steil abfiel, um dann bei 30 minütiger Ruhe wiederum allmählich auf den Ausgangswert anzusteigen. Die Messungen an den Handinnenflächen ergaben einen sehr viel schwächeren Abfall des Widerstandes während der Arbeit, sowie im Ganzen überhaupt sehr viel niedrigere Werte.

Auch SAVIANO (59) bestimmte die relativen Änderungen des scheinbaren Hautwiderstandes durch verschieden schwere Arbeitsleistungen. Er liess leichte, schwere und schwerste Arbeit von gut trainierten Versuchspersonen durchführen. Vier gesunde Versuchspersonen arbeiteten während mehrerer Monate am Kroghschen Fahrradergometer. An sogenannten "schweren" Tagen arbeiteten sie bis zur Erschöpfung, an "leichten" Tagen nur nachmittags. Die Messungen wurden gleichzeitig für Gleich- und Wechselstrom durchgeführt. Saviano benützte zwei unpolarisierbare Elektroden in Form eines u-förmig gebogenen Rohres, in das die Versuchspersonen Daumen und Zeigefinger jeder Hand eintauchen konnte. Für die Messungen benützte er zwei Spiegelgalvanometer. Als Gleichstromquelle diente ihm ein Trockenelement von 1,8 V. Der verwendete Wechselstrom betrug 50 Hz bei 2,2 V Spannung. Zur Messung diente eine Kompensationsmessbrücke. Während nach vorhergehender gründlicher Hautdurchfeuchtung leichte und schwere Arbeit keine deutlichen Einwirkungen auf den Hautwiderstand zeigten, fanden sich nach schwerster Arbeit, die bis zur völligen Erschöpfung durchgeführt wurde, sehr ausgesprochene Senkungen der Widerstandswerte. Diese betrugen für Gleichstrom etwa 38%, für Wechselstrom etwa 23%. Allerdings wurden die Messungen an den Innenflächen der Finger durchgeführt. Die Frage, ob diese Senkung allmählich im Verlauf der Arbeit eintritt, oder ob sie als Ausdruck einer Erschöpfung verhältnismässig plötzlich eintrat, konnte nicht geklärt werden.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen zeigen damit übereinstimmend, dass der elektrische Hautwiderstand bei körperlicher Arbeit absinkt, die Polarisationskapazität aber ansteigt.

3. Die Wirkung verschiedener Pharmaka auf Widerstand und Kapazität der Haut.

Das sogenannte "pharmakologische Paradoxon der Haut" (PERUTZ, 42) besteht darin, dass die Schweissdrüsen anatomisch vom sympathischen Nervensystem versorgt werden, sie nach den Untersuchungen von DALE (14), sowie DALE und FELDBERGER (15) jedoch im wesentlichen nur durch Parasympathicomimetica in ihrer Funktion zu steigern und durch Parasympathicolytica zu hemmen sind. Trotzdem bestehen gewisse funktionelle Unterschiede zwischen den Schweissdrüsen verschiedener Hautgebiete. Nach den Untersuchungen von KUNO (32) sprechen die Schweissdrüsen an Handinnenflächen und Fusssohlen mehr auf psychische Reize an, während die Schweissdrüsen am übrigen Körper vorwiegend im Dienste der Thermo-

regulation stehen. Neuerlich haben aber HURLEY und MESCON (25) nachgewiesen, dass alle Schweißdrüsen von cholinergischen Nerven versorgt werden, so dass dieser Funktionsunterschied in übergeordneten nervösen Zentren verankert sein muss.

Dieselben Pharmaka, welche nun die Schweißproduktion steigern, vermindern gleichzeitig den elektrischen Hautwiderstand und erhöhen die Polarisationskapazität der Haut, wobei es sich vor allem um Parasympathicomimetica handelt. So fanden CHALMERS und KEELE (12) nach intradermaler Injektion ab 10^{-5} cm^3 Acetylcholin im Durchschnitt eine mit dem Stärketest nach RANDALL (44) (d. i. eine colorimetrische Methode zur Bestimmung der Schweißproduktion begrenzter Hautstellen.) prüfbare lokale Vermehrung der Schweißproduktion, die mit einer Erniedrigung des Hautwiderstandes einherging. Die Autoren konnten ferner nachweisen, dass Eserin und Neostygmmin den Acetylcholineffekt auf den Hautwiderstand verstärken, da die genannten Substanzen die Cholinesterase blockieren. Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen fand NESSWETHA (39) nach intramuskulären Gaben von 0,1-0,2 g Acetylcholin keine Veränderung des elektrischen Hautwiderstandes, ebensowenig bei Gaben von 0,0005-0,001 g Prostigmin. AVELING und MCDOOWALL (3) beobachteten dagegen nach intravenösen Gaben von Acetylcholin sogar eine Erhöhung des Hautwiderstandes. Allerdings nur dann, wenn die Dosen so gering waren, dass sie keine Verlangsamung der Herzschlagfolge verursachten. Dagegen riefen grössere Dosen, die eine deutliche Herzwirkung zeigten, eine sofortige Erniedrigung des Hautwiderstandes hervor. Mehr noch als Acetylcholin beeinflusst Pilocarpin das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes. RICHTER (49) fand nach subcutaner Injektion von 0,013 g Pilocarpin, dass der Hautwiderstand an den Handflächen und am Handrücken in wenigen Minuten absank, selbst wenn die Haut nicht sichtbar feucht geworden war. Auch NESSWETHA (39) konnte nach subcutanen Gaben von 0,02 g Pilocarpin stets deutliche Erniedrigungen des Hautwiderstandes beobachten. Er führte die Messungen an Stirn, Wange, Brust und Oberschenkel durch, wobei schweißdrüsenreiche Hautstellen, wie beispielsweise an der Stirn, grössere Widerstandserniedrigungen zeigen als Hautstellen mit einer geringen Anzahl von Schweißdrüsen. AVELING und MCDOWALL (3) beobachteten nach Gaben von Pilocarpin zunächst eine geringe aber deutliche Erniedrigung des Hautwiderstandes und danach einen langsamen Anstieg der Widerstandswerte.

Nach peroraler Verabreichung von 1-2 mg Doryl, einem starken Parasympathicomimeticum, beobachtete STOLLBERG (63) bei Kindern in den meisten Fällen eine starke Erhöhung des Hautwiderstandes innerhalb der nächsten 2,5 Std. Dieser Befund überrascht insofern, als Doryl nach iontophoretischer Einbringung in die Haut zu jenen Mitteln gehört, welche die Schweißsekretion am stärksten und längsten steigern. So fand BRUN (10), dass Doryl im Mittel bis zu 47 Std. die Schweißabsonderung steigert, wobei die Intensität der Steigerung sogar noch grösser war als nach Pilocarpin. Ebenso beobachteten DASKALOV, MARKOV und MILAROV (16) nach Iontophorese von Doryl eine stärkere und länger dauernde Verminderung des elektrischen Hautwiderstandes als nach Acetylcholin.

Ebenso bestimmte BRAUCH (9) mit Hilfe einer Gleichstrommessung den elektrischen Hautwiderstand nach subcutaner Injektion von Doryl. Er führte seine Messungen mit einer konstanten Spannung von 4V durch und benützte unpolarisierbare Elektroden nach Rein und als Messgerät ein Spiegelgalvanometer. Als Versuchspersonen dienten ihm Patienten -Nephritiker und Hypertoniker-, die aus therapeutischen Gründen schweissstreibende Mittel wie beispielsweise Doryl erhielten. Sechs Minuten nach der Injektion von 0,6 mg Doryl kam es zu einer beträchtlichen Widerstandsabnahme. Es liegt darum die Vermutung nahe, dass bei oraler Applikationsart die von Stollberg verabreichte Dosis zu klein war, um eine Wirkung an der Haut zu erzielen.

JASPER und ROBB (28) berichteten über Verminderungen des Hautwiderstandes nach subcutanen Gaben von 5 mg "Furmethide" (Furfuryltrimethylammoniumjodid), einem Parasympathicomimeticum aus der Gruppe der Ammoniumsubstanzen.

FORELL (19) sowie NESSWETHA (39) beschrieben, dass durch Fieber, welches durch Gaben von Pyripher erzeugt wurde, eine deutliche Verminderung des Hautwiderstandes zu finden sei, was vor allem im Stadium des Temperaturabfalls, der in der Regel mit einem Schweissausbruch einherzugehen pflegt, deutlich zu Tage trat. So fand RICHTER (49), dass der Hautwiderstand an den Handflächen und an der übrigen Haut nach subcutaner Injektion von 0,0013 g Atropin innerhalb von 30 Min. z. T. bis auf das 10fache des Ausgangswertes stieg. PERRY und MOUNT (41) verglichen die Wirkung von 0,4 mg Atropin (intramuskulär) mit einer ebenfalls intramuskulär verabreichten physiologischen Kochsalzlösung auf den elektrischen Hautwiderstand und beobachteten bei einer Gruppe von 10 gesunden Personen 40 Minuten nach der Injektion einen signifikanten Unterschied im Verhalten des Hautwiderstandes zwischen Atropin und der Placebogruppe.

STOLLBERG (63) beobachtete bei Kindern in den ersten 2 1/2 Std. nach peroraler Verabreichung von Bellergal mit einem Bella-follingehalt von 0,05-0,2 mg und nach peroralen Gaben von Atropinum sulfuricum im Mittel eine signifikante Erhöhung des Hautwiderstandes. Im Gegensatz hierzu stehen Beobachtungen von KRAUSE, STORZ und VOELKEL (29), die nach subcutanen Gaben von 1 mg Atropin an der Fusssole Erniedrigungen oder keine Veränderungen, am Unterarm meist Erhöhungen, in mehreren Fällen aber auch Erniedrigungen des polarisatorischen Widerstandes fanden.

Über Wirkungen von Sympathicomimetica auf das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes liegen nur sehr wenige Beobachtungen vor. RICHTER (49) konnte nach Injektion von 1 cm³ Adrenalin 1:1000 bei 40 Personen keine Veränderung des Hautwiderstandes nachweisen, während NESSWETHA (39) nach der gleichen Dosis eine geringfügige Erhöhung der Stromstärkemesswerte im EDG beobachtet, was einer Erniedrigung des Widerstandes entspricht.

Nun wird in der älteren Literatur angegeben, dass Adrenalin eine gewisse Steigerung der Schweissabgabe hervorruft. Diese Wirkung ist allerdings viel geringer als die der Parasympathicomimetica und nur nach intradermaler Injektion oder

Iontophorese von Adrenalin nachzuweisen. So beobachtete HAIMOVICI (23) mit einer colorimetrischen Methode nach SILVERMANN und POWELL (61), wobei die Haut mit Eisenchloridlösung bestrichen wird, auf die man mit Gerbsäure getränkte Papierstücke presst, dass durch die intradermale Injektion von Epinephrin (0,1-0,3 μ) bei 84% von 122 Versuchen an 37 Versuchspersonen die Schweissproduktion im Mittel für 6 Min. lang gesteigert war. In denervierten Hautgebieten konnte mit Epinephrin keine Steigerung der Schweissabgabe erzeugt werden. BARNETT (5a) bestätigte die Beobachtung von Haimovici. Er fand ausserdem, dass das adrenergische Schwitzen nicht durch Atropin unterbunden wurde.

BRUN (10) beobachtete nach Iontophorese von l- und d-Adrenalin, Noradrenalin und Adrenalon und l-Glaucosan, aber nicht nach Sympathol, Veritol und Ephedrin eine geringe Steigerung der Schweissekretion, die kaum länger als eine Stunde dauerte. Dieses adrenergische Schwitzen konnte nicht durch Iontophorese von parasympathicolytischen Substanzen und auch nicht durch Sympathicolytica wie Dibenamin, Ergotamin und Yohimbin unterbunden werden.

Auch CHALMERS und KEELE (12) fanden mit der colorimetrischen Methode nach RANDALL (44) bei 11 von 13 Versuchspersonen nach intradermaler Injektion von Adrenalin eine lokal begrenzte Schweissekretion, die nach 30 sec begann und bis zu 1 Std. nachweisbar war. Dagegen erzeugte Adrenalin in einer Tropfinfusion, intravenös verabreicht, selbst bei den Personen keine Schweissekretion, die eine sehr starke Reaktion auf die intradermale Applikation aufwiesen, während Acetylcholin intravenös und intradermal angewandt in jedem Fall eine deutlichere Schweissekretion hervorrief als Adrenalin.

ROTHMANN (52) hat zur Erklärung des "adrenergischen" Schwitzens angeführt, dass es sich dabei nicht um eine echte Hypersekretion der Schweissdrüsen handle, sondern dass nach einer Adrenalininjektion durch den allgemeinen Spasmus der Haut die in den Ausführungsgängen der Schweissdrüsen befindliche Flüssigkeit an die Oberfläche gepresst werde. In guter Übereinstimmung mit dieser Annahme steht die Beobachtung der meisten Autoren, dass die Schweissekretion in einer "blassen" Haut auftrete und einen flüchtigen Charakter habe.

Über die Wirkung sympathicolytischer Substanzen auf die Schweissekretion und den elektrischen Hautwiderstand liegen widersprechende Befunde vor. HAIMOVICI (23) fand bei 18 Untersuchungen an 12 Patienten, dass nach intravenösen Gaben von 5 mg Dibenamin je kg Körpergewicht der elektrische Hautwiderstand an den Handflächen und Fusssohlen sehr stark anstieg und gleichzeitig das spontane Schwitzen an den Händen beinahe ganz zurückging.

SONNENSCHNEN, KOBRIN, JANOWITZ und GROSSMANN (62) fanden dagegen bei zwei gesunden Versuchspersonen nach iontophoretischer Applikation von Dibenamin keine Wirkung auf das spontane und "cholinergische" Schwitzen; wohl aber verhinderte Dibenamin "adrenergisches" Schwitzen nach niedrigen Dosen Epinephrin.

Auch BRUN (10) konnte keinen Einfluss verschiedener Sympathicolytica auf cholinergisches Schwitzen beobachten.

CHALMERS und KEELE (12) untersuchten den Einfluss von sympathicolytischen Substanzen auf das sogenannte "Hitze-Schwitzen". Nach intradermaler Applikation von Atropin blieb die entsprechende Hautstelle trocken in profus schwitzender Umgebung, während die gleichzeitige intradermale Injektion von Priscol, welches adrenergisches Schwitzen unterbindet, keinen Einfluss auf das Schwitzen nach Hitzebelastung erkennen liess. Das gleiche fanden die Autoren bei kontinuierlichem durch psychische Erregung hervorgerufenem Schwitzen.

Die Wirkung der sympathicolytischen Substanz Hydergin auf den elektrischen Hautwiderstand wurde von mehreren Autoren untersucht. Auch hier sind die Ergebnisse sehr widersprechend.

WAGNER (67) fand nach intramuskulärer Injektion von 0,3 mg Hydergin bei einer Versuchsperson mit hohem Ausgangswiderstand eine deutliche Widerstandseniedrigung. Bei einer Versuchsperson mit einem niederen Ausgangswiderstand fand er nach der gleichen Dosis ein Ansteigen des Hautwiderstandes.

STOLLBERG (63) beobachtete bei Kindern nach peroralen Gaben von 4-30 Tropfen einer Hydergin-Lösung ($1\text{mg}/\text{cm}^3$) Verminderungen des Hautwiderstandes bis auf $1/10$ und Erhöhungen bis auf das 30fache des Ausgangswiderstandes. Auch nach intravenöser Verabreichung von 0,3 mg Hydergin konnten NYBERG, GÖSTLING und GASSTRÖM (40) keine einheitliche Beeinflussung des Hautwiderstandes bei 19 Hypertonikern und 6 gesunden Personen beobachten. Die aufgetretenen Veränderungen lagen nach der Meinung der Autoren im Bereich der physiologischen Schwankungsbreite.

4. Der Einfluss der Durchfeuchtung der Haut.

Da der Hautwiderstand bei vermehrter Schweissabgabe infolge Arbeit, Hitzebelastung oder nach verschiedenen Pharmaka absinkt, war von Interesse, wie darüber hinaus durch das Auftragen von Flüssigkeiten auf die Haut Widerstand und Kapazität verändert werden. Nun liegen aber über den Einfluss der Durchfeuchtung der Haut auf den elektrischen Hautwiderstand nur wenige Beobachtungen vor. So führte KÖTSCHAU (30) Versuche mit Wechselströmen von 1200 Hz durch, die er einem Mikrophonsummer bei einer Spannung von 2V entnahm. Widerstand und die Kapazität wurden mit Hilfe einer Brücke und einem variablen Vergleichswiderstand bzw. einer variablen Vergleichskapazität gemessen. Der eine Arm der Versuchsperson diente dabei als indifferente Elektrode. Er wurde in ein Bassin mit körperwarmem Wasser gesteckt und durch eine Silberplatte mit der Brücke verbunden. Die Messelektrode bestand aus einer 12 cm^2 grossen Silberplatte. Zwischen Haut und Silberplatte wurde ein mit physiologischer Kochsalzlösung getränktes gleichgrosses Stück Fliesspapier gelegt. Als Versuchspersonen dienten nur Frauen und zwar Neurastheniker und Hyperthyreosen ohne Organbefund.

Der Autor fand, dass der Feuchtigkeitsgehalt des Filtrierplättchens von entscheidender Bedeutung sei. Es zeigte sich nämlich, dass bei zu geringem Druck auf die 12 cm^2 grosse Silberplatte die Kapazitätswerte niedriger waren als bei starkem

Druck. Bei schwacher Befeuchtung erhielt er so den Wert von 0,14 Mikrofarad, bei starker 0,21 Mikrofarad. Durch den Druck wurde Flüssigkeit über die Ränder der Elektrode hinausgepresst, wodurch sich die Ableitungsfläche vergrösserte. Der Autor kam jedoch nicht zu diesen Ergebnissen, wenn er eine Hautstelle befeuchtete, die genau der Grösse der ableitenden Elektroden entsprach.

QUENSEL (43) führte seine Versuche mit derselben Versuchsanordnung durch wie Kötschau. Allerdings ergänzte er die Apparatur mit einem Röhrensummermessgerät. Er machte seine Untersuchungen an gesunden Versuchspersonen und fand es ebenfalls von Bedeutung, wie eng der Kontakt der Messelektrode mit der Haut sei, womit er die Ergebnisse von Kötschau bestätigen konnte.

Auch BLANK und FINESINGER (6) konnten die Bedeutung der Hautdurchfeuchtung für das elektrophysiologische Verhalten der Haut nachweisen. Ihre Versuche wurden mit Hilfe einer Gleichstrommessung durchgeführt. Als Spannungsquelle dienten dabei zwei Trockenelemente von 4,5V, als Messgerät zwei Vergleichswiderstände. Die Elektroden waren runde Zinkscheiben von 1,2 und 4 cm Durchmesser, die mit einem becherartigen Gebilde der Haut angepresst wurden. Zwischen Zinkplatte und Haut wurde eine Paste aus Zinksulfat und Agar aufgetragen. Die Untersuchungen wurden bei 6 Versuchspersonen an der volaren Seite des Unterarmes durchgeführt. Dabei konnten die Autoren zeigen, dass die Grösse des Hautwiderstandes allein von der Grösse der befeuchteten Hautfläche abhing. Der Widerstand änderte sich nämlich bei konstanter Befeuchtungsfläche nicht, selbst wenn die ableitenden Elektroden in ihrer der Haut aufliegenden Fläche bis auf das 16fache vergrössert oder verkleinert waren.

Auf Grund der in der Literatur niedergelegten Befunde kann heute damit als gesichert gelten, dass der elektrische Hautwiderstand durch körperliche Aktivität und durch Anstieg der Raumtemperatur erniedrigt, die Kapazität aber erhöht wird. Dabei liegt es nahe, eine Steigerung der Schweissabgabe als Erklärung für dieses Verhalten verantwortlich zu machen. Denn nach den bisher vorliegenden pharmakologischen Untersuchungen sinkt der elektrische Hautwiderstand ebenfalls ab, wenn man die Schweissekretion medikamentös steigert. Nun ändern sich neben der Hautwasserabgabe - etwa bei körperlicher Arbeit oder unter dem Wechsel der klimatischen Bedingungen - eine grosse Zahl anderer physiologischer Grössen in gleicher Weise. Um aber entscheiden zu können, ob die Beeinflussung des elektrischen Hautwiderstandes infolge körperlicher Aktivität und klimatischer Faktoren nur zufällig den Änderungen der Hautwasserabgabe parallel geht, oder durch Schwankungen der Hautdurchfeuchtung verursacht wird, war es wünschenswert, das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes bei quantitativ unterscheidbarer Hautdurchfeuchtung zu untersuchen. Da derartige Experimente bisher nicht durchgeführt wurden, soll im Folgenden über die Änderung des elektrischen Hautwiderstandes und der Polarisationskapazität durch die Auftragung steigender Flüssigkeitsmengen auf die Haut berichtet werden. In Ergänzung zu den in der Literatur vorliegenden Befunden wird ausserdem auf die Zusammenhänge zwischen der Steigerung der Schweissabgabe durch Pilocarpin und dem Verhalten von Hautwiderstand

und Kapazität berichtet werden. Da auf Grund der Untersuchungen von RUTENFRANZ und WENZEL (56) eine lineare Abhängigkeit zwischen Hautwasserabgabe und Polarisationskapazität vermutet werden konnte, sollen dabei die Änderungen der Polarisationskapazität besonders eingehend besprochen werden.

II. EIGENE UNTERSUCHUNGEN.

1. Methodik

a) Messanordnung zur Bestimmung von Widerständen und Kapazitäten der Haut:

Die Messung von Widerständen und Kapazitäten der Haut erfolgte mit Wechselstrom von 1000 Hz bei einer Spannung von 2V in einer Wheatstoneschen Brücke in der von RUTENFRANZ (53) angegebenen Weise. Den sinusförmigen Wechselstrom der genannten Frequenz entnahmen wir dem Tonfrequenzgenerator der Philipswerke Type GM 2307, an welchem auch die gewünschte Spannung eingestellt wurde. Als Messbrücke verwendeten wir den "Philoskop II, Type GM 4144" der Philips-Werke. Beide Geräte befanden sich in einem Faradayschen Käfig und waren nebst allen Zuleitungen geerdet. Als Stromanzeigegerät für den Brückenabgleich wurde ein Röhrenvoltmeter der Firma Philips gebraucht (GM 6007), dessen höchste Empfindlichkeitsstufe bei 0-10mV lag. Mit dem "Philoskop II" können Widerstände und Kapazitäten gemessen werden.

Beim Messvorgang wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, dass den Messbereich möglichst nur ins mittlere Drittel der Brücke zu verlegen. Die konnte durch die Wahl geeigneter äusserer Vergleichsnormale, welche kapazitäts- und induktionsfrei waren, erreicht werden. Diese Vorsichtsmassnahme wurde von RUTENFRANZ (53) empfohlen, um den Gefahren unscharfer Minima zu entgehen, die durch die Unschärfenbereiche an den Grenzzonen der Brücke auftreten können. Abgeglichen wurde die Brücke auf den geringsten Potentialunterschied im Nullzweig der Brücke, der durch das Röhrenvoltmeter angezeigt wurde. Der Brückenabgleich wurde also immer so lange fortgesetzt, bis der auf den Nullpunkt zuwandernde Gerätezeiger des Voltmeters sich von diesem in einer scharfen Rückwendung abzuwenden begann. Durch mehrmalige Wiederholung des geschilderten Abgleichvorganges und Einstellung auf die grösstmögliche Empfindlichkeit des Röhrenvoltmeters gelang es so, den Messwert in genügender Schärfe einzugrenzen.

b) Die Elektroden:

Als Elektroden benützten wir - ebenfalls schon von Rutenfranz erprobte - feine V2A-Stahlgewebe aus 0,03 mm starkem Draht (ca. 13 Drähte auf 1 mm). V2A-Stahl ist bekanntlich ein säure- und oxydationskonstantes Metall und liess sich in der vorliegenden Form sehr gut in Kontakt zur Haut bringen. Ausserdem wird das Metall durch die Säureschicht der Haut in seinen Eigenschaften nicht verändert. Das durchlässige Gewebe behindert die Hautwasserabgabe kaum und

schmiegt sich der Haut gut an. Aus diesem V2A-Stahlgewebe wurden schlaufenartige Gebilde hergestellt, deren dem Gewebe zugewandte Fläche eine Grösse von 3 mal 14 cm besaßen. Diese Schlaufen wurden auf ebenso breite Gummibänder geschoben, die ohne Schwierigkeiten an den Unterarm befestigt werden konnten.

c) Bestimmung der Hautwasserabgabe über begrenzten Hautstellen:

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahren zur Beobachtung der Schweissproduktion über begrenzten Hautstellen entwickelt. So haben SAITO (57), ISHIHASHI (26), JÜRGENSEN (28a), FRÖHLICH und ZACK (20) sowie EBBECKE (17) mit Lupen oder Mikroskopen die Schweissdrüsenausführungsgänge beobachtet und die Zahl der aktiven Schweissdrüsen in vergleichbaren Zeitabschnitten über bestimmten Hautbezirken gezählt. Ausserdem wurden inzwischen mehrere colorimetrische Verfahren zur Bestimmung der Hautwasserabgabe angegeben. Das Prinzip dieser Methoden besteht darin, dass man ein Stück Papier, welches mit einem Wasserindikator präpariert wurde, eine bestimmte Zeit lang der Oberfläche anpresst. Dabei färbt der austretende Schweiss den benutzten Wasserindikator in charakteristischer Weise. Man kann solche Abdrücke ohne Schwierigkeiten photographieren oder für Vergleichszwecke längere Zeit aufbewahren.

Von diesen colorimetrischen Methoden hat das von RANDALL (44) entwickelte Verfahren die weiteste Verbreitung gefunden. In Anlehnung an den Jod-Stärke-Test von MINOR (37) ging Randall dabei so vor, dass er die zu prüfende Hautstelle mit Jodlösung bestrich und nach einer bestimmten Zeit darauf ein Stück Stärkepapier drückte. Ein prinzipiell gleiches Verfahren war früher schon von TAGAKI (64) benutzt worden. SILVERMANN und POWELL (61) bestrichen die Haut mit Eisenchloridlösung und pressten mit Gerbsäure getränkte Papierstücke darauf. Unterschiede in der Färbung und der Grösse der abgebildeten Schweisspunkte wurden von den Autoren zur Schätzung der Intensität des Schwitzens verwandt. ENGELS (18) benützte eine von AUBERT (1) angegebene Methode, bei der übliches Filterpapier auf der unbehandelten Haut eine bestimmte Zeit lang angepresst wurde. Nach der Auflagezeit wurde das Papier für 30 Sec in 0,5 %ige AgCl-Lösung getaucht und hernach dem Sonnen- oder Bogenlampenlicht ausgesetzt. Dabei treten nach wenigen Minuten alle Stellen auf dem Filterpapier, welche Schweiss aufgenommen haben, als dunkle Punkte hervor. Für quantitative Vergleiche wurden von ENGELS (18) Stärkegrade des Schwitzens angegeben, die nach dem Durchmesser der Schweisspunkte festgelegt wurden. MANUILA und ISLER (35) benutzten als Wasserindikator in ihrem Schweiss-Test das Prinzip der Berliner-Blau-Probe, welche bekanntlich nur bei Anwesenheit von Wasser abläuft. Die Autoren mischten wasserfreies Kaliumferrocyanid und Ferrisulfat im Verhältnis 3 : 1. Dieses Pulver streuten sie auf durchsichtigen "Tesafilm" und drückten es für 30 sec. der Haut fest an. Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit reagieren die beiden Substanzen miteinander und geben eine blaue Färbung, deren Intensität von der abgegebenen

Schweissmenge abhängt. BRUN (10) hat bei seinen umfangreichen vergleichenden Untersuchungen über die Beeinflussung der Schweissproduktion durch verschiedene Pharmaka dieses Verfahren benutzt und verschiedene Intensitätsgrade des Schwitzens nach dem subjektiven Eindruck von Häufigkeit und Grösse der Schweisspunkte aufgestellt.

Der Nachteil der genannten colorimetrischen Verfahren besteht also im Wesentlichen darin, dass quantitative Angaben über die abgegebenen Schweissmengen nicht möglich sind, da man bei Vergleichen darum auf die Schätzung von Unterschieden angewiesen ist. Darum wurden für quantitative Untersuchungen vor allem Methoden, bei denen die Menge des von der Haut abgegebenen Wasserdampfes durch Wägung hygroskopischer Substanzen vor und nach der Auflage über einer begrenzten Hautstelle bestimmt wurde, angewandt. Solche Methoden sind z.B. von REGELSBERGER (47) (P_2O_5); KUNO (32) ($CaCl_2$) sowie von RANDALL und McCLURE (45) ($CaCl_2$) angegeben worden. Mit diesen Verfahren kann man allerdings nicht mehr kontrollieren, ob sich etwa die Anzahl der aktiven Schweissdrüsen während der Versuchszeit ändert, was für manche Untersuchungen von Interesse sein kann. Aus diesem Grunde benutzten wir bei unseren Versuchen eine von RUTENFRANZ und RIEVE (55) entwickelte colorimetrische Methode, bei welcher die Ausdehnung und die Intensität der aufgetretenen Färbung photometrisch bestimmt wird, wodurch bessere quantitative Angaben über die abgegebenen Schweissmengen möglich werden. Als Wasserindikator benutzt man dabei die Substanzen der Berliner-Blau-Reaktion. Wie von MANUILA und ISLER (35) angegeben, mischten wir möglichst wasserfreies Kaliumferrocyanid und Ferrisulfat im Verhältnis 3 : 1. Die gemischten Substanzen wurden in einem Exsikkator aufbewahrt. Unmittelbar vor einer Untersuchung bestäubten wir mit diesem Gemisch die raue Seite eines für Elektrophoresen gebräuchlichen "Whatman Nr. 1-Filter-Papiers". Der Überschuss der Substanz wurde mit einem Pinsel entfernt. Die verwendeten Filterstücke hatten eine Grösse von 2 mal 2,5 cm. Diese wurden beim Bestäuben nur mit einer Pinzette angefasst und bis zum Gebrauch im Exsikkator aufbewahrt.

Sollte eine Hautstelle geprüft werden, so wurde ein präpariertes Filterplättchen 30 sec. lang mit einem besonders angepassten Metallspatel fest auf den Testbezirk aufgepresst. Unmittelbar danach wurde das Filterstück in eine "Transparenzflüssigkeit" (Gemisch aus Parafinöl und Bromnaphthalin von Bender und Hobein, München) eingelegt. In diesem Bad blieb das Plättchen mindestens 30 Min. lang liegen, damit das Papier zum Photometrieren die nötige Transparenz erreichte. Gleichzeitig wurden mehrere unbestäubte Streifen des gleichen Filterpapiers von 1-2 mm Breite mit in die Flüssigkeit eingelegt, welche für die Nulleinstellung des Photometers als Bezugswerte benötigt wurden.

Für die Auswertung benutzten wir das Elphor-H-Auswertegerät von Bender und Hobein. Dabei legt man die transparenten Plättchen zwischen zwei planliegende Glasscheiben und drückt Luft und überschüssige Transparenzflüssigkeit heraus. Die Plättchen werden so eingelegt, dass ein bestäubtes Plättchen jeweils mit einem unbestäubten Filterpapierstreifen abwechselt, damit man laufend die Nulleinstel-

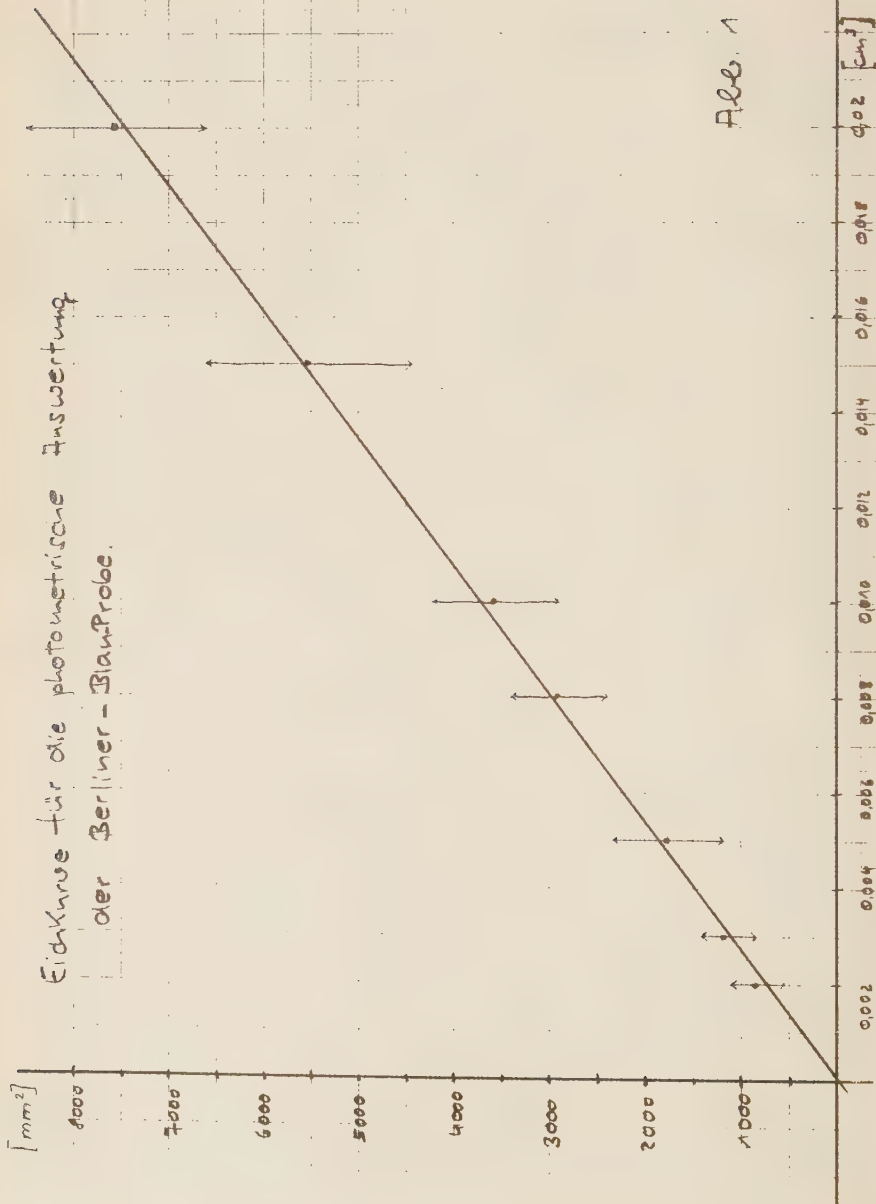


Abb. 1

lung des Galvanometers überprüfen kann. Der obere und untere Rand der oberen Glasplatte wurde mit lichtundurchlässigem schwarzem Tesafilm so beklebt, dass in der Mitte ein 2,3 cm breiter Streifen unbedeckt blieb, in welchem die Plättchen in der beschriebenen Weise angeordnet wurden.

Bei der Auswertung mit dem Elphor-H-Auswertegerät wurden die Plättchen zwischen den Glasplatten in einem Spezialrahmen durch einen exakten Vorschub an einer Photozelle vorbeigeführt, wobei die Durchleuchtung durch einen Spalt von 1 mm Breite erfolgte. Die Extinktionswerte lasen wir an einem Galvanometer ab und zeichneten die so gefundenen Werte als Diagramm in Abhängigkeit vom Vorschubweg auf. Die so erhaltenen Extinktionskurven wurden mit Hilfe eines Planimeters integriert. Dabei erhielten wir in Abhängigkeit von der Intensität und der Ausdehnung der Färbung grössere oder kleinere Flächen, die in mm^2 angegeben wurden. Von diesen Planimeterwerten musste die Grösse der Grundfärbung der Plättchen, die aus den unbenützten Kontrollfilterpapieren ermittelt wurde, jeweils abgezogen werden.

Zur Eichung der Methode befeuchteten wir mit Hilfe von Pipetten je 40 eingestäubte Plättchen mit folgenden Flüssigkeitsmengen: 0,002; 0,003; 0,005; 0,008; 0,010; 0,015 und 0,020 cm^3 . Die Plättchen wurden in der beschriebenen Weise ausgewertet und aus den gefundenen Planimeterflächen die Mittelwerte für die entsprechende Flüssigkeitsmenge berechnet. In der nachfolgenden Abbildung sind diese Werte als Funktion der verwendeten Flüssigkeitsmenge aufgetragen. Die Streuung ist jeweils mit angegeben. Man erkennt, dass die Planimeterwerte linear in Abhängigkeit von der aufgetragenen Flüssigkeitsmenge ansteigen. Der aus diesen Werten berechnete Trend 1. Ordn. geht dabei durch den Nullpunkt und folgt der Gleichung: $y = 373 \cdot x$. Die Streuung der Werte war relativ gross und nahm mit steigender Flüssigkeitsmenge zu.

d) Angewandte statistische Methoden:

Die arithmetischen Mittel berechneten wir nach der Formel:

$$AM = \frac{\sum x}{n}$$

Die Streuungen wurden bei geringem Umfang der Population nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x^2) - \left(\frac{\sum x}{n}\right)^2}$$

ermittelt. Bei grösseren Populationen berechneten wir die Sigmen nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren unter Benutzung von Hilfsgrössen.

Zur Prüfung von Mittelwertsunterschieden bedienten wir uns der t-Funktion in der von KOLLER (31) angegebenen Form:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_2} + \frac{s_2^2}{n_1}}}$$

Zur Prüfung von Häufigkeitsunterschieden benutzten wir den "Sign-Test" nach van der Waerden und Nievergelt. Mit diesem Test prüft man auf Grund einer o-Hypothese mit welcher Wahrscheinlichkeit zwei nur durch das Vorzeichen unterschiedene Häufigkeitsgruppen sich voneinander unterscheiden. Zu diesem Zwecke berechnet man die Zufallsgrenzen oder Schranken, ausserhalb derer signifikante Häufigkeitsunterschiede mit bestimmter Wahrscheinlichkeit erwartet werden können. Die Schranke K ist dabei die kleinste Zahl für welche die Summe:

$\binom{n}{0} + \binom{n}{1} + \dots + \binom{n}{K}$ grösser als $\beta \cdot 2^n$ wird.

Als Signifikanzbezeichnungen wurden folgende Stufen der prozentualen Wahrscheinlichkeit gezählt:

$p = < 0,1\%$ "sehr signifikant"
 $p = < 1\%$ "signifikant"
 $p = < 5\%$ "wahrscheinlich signifikant"
 $p = > 5\%$ "nicht signifikant"

2. Versuchsanordnung:

a) Hautbefeuchtungsversuche: An beiden Unterarmen wurde auf eine je 3 mal 4 cm grosse Hautfläche NaCl in verschiedenen Mengen aufgetragen. Beim Auftragen der Flüssigkeit begrenzen wir die Hautfläche solange durch einen der Unterarmwölbung angepassten Plexiglasrahmen von 3 mal 4 cm Innenmassen, bis die aufgetragene Flüssigkeitsmenge sicher nicht mehr auf der Hautoberfläche vorhanden war. Wir führten wie Tab. 1 zeigt, bei 4 weiblichen Versuchspersonen im Alter zwischen 16 und 18 Jahren folgende Versuche durch:

Tab. 1: Aufteilung der quantitativen Befeuchtungsversuche.

Menge der 0,3 %igen NaCl-Lösung, die auf jeden Unterarm aufgetragen wurde:	Anzahl der Versuche:
0,002 cm ³	40
0,01 cm ³	40
0,02 cm ³	40
0,04 cm ³	40

Die Tabelle 1 lässt erkennen, dass Befeuchtungsversuche durch 0,3 %ige Kochsalzlösung mit Flüssigkeitsmengen zwischen 0,002 und 0,04 cm³ ausgeführt wurden. Eine Salzkonzentration von 0,3 % wurde gewählt, weil der Schweiß im Durchschnitt diese Konzentration enthält. Jede Versuchsperson nahm dabei an 10 Versuchen mit den einzelnen Flüssigkeitsmengen teil. Im Einzelnen wurde dabei jeweils folgende Versuchsanordnung eingehalten:

Zunächst wurden im Verlauf von 10 Minuten 3 mal nacheinander Widerstand und Kapazität der Haut gegen Wechselstrom von 1000 Hz bei einer Spannung von 2V gemessen. Aus diesen Werten wurde der Mittelwert errechnet und dieser als Vor-

versuchswert zugrunde gelegt. Danach trugen wir die Flüssigkeitsmenge aus feinsten Pipetten auf die durch den Plexiglasrahmen begrenzte Hautstelle auf. Die Flüssigkeit wurde auf der Hautfläche gleichmässig ohne Druck ausgestrichen. Nach 3 Minuten begannen wir mit den fortlaufenden Kapazitätsmessungen. Die Hautoberfläche war nach dieser Zeit nicht mehr feucht. Bei der 1. Messung, 3 Min. nach dem Auftragen der Flüssigkeit und ebenso 5, 10 und 15 Minuten später wurde ausser der Kapazität auch der Widerstand bestimmt. Die Kapazitätsmessungen erfolgten alle 30 Sec. während des 15 minütigen Versuches, also insgesamt 30 mal.

b) Versuche mit Iontophorese von Pilokarpin:

Sie wurden wegen der Schmerzhaftigkeit an 11 jungen Männern zwischen 20 und 28 Jahren in insgesamt 24 Versuchen durchgeführt.

Wir gingen so vor, dass zunächst die Kapazität der Haut an den Unterarmen mehrfach gemessen wurde, bis keine grösseren Differenzen mehr auftraten. Danach wurde an den gemessenen Hautstellen beider Unterarme und an einer dritten Kontrollstelle am rechten Unterarm - ca. 5 cm unterhalb der ersten Stelle - die Iontophorese durchgeführt. Dabei wurden kleine mit 2%iger Pilokarpin-Lösung getränkte Gummischwämmchen von derselben Grösse wie die zu untersuchende Hautstelle (2 mal 2,5 cm) 4 Min. lang bei einer konstanten Stromstärke von 4 mA aufgelegt. Zur Konstanterhaltung der Stromstärke wurde die Spannung laufend nachgeregelt.

Im Anschluss an die Iontophorese wurde nach 1, 5, 10, 15 und 30, 45, 60, 75 und 90 Minuten Widerstand und Kapazität jeweils 3 mal gemessen. An der Kontrollstelle des rechten Unterarms wurde zu den gleichen Zeiten die mit den Substanzen für die oben beschriebene colorimetrische Methode zur Bestimmung der Schweißsekretion eingestäubten Filterpapierstücke von 2 mal 2,5 cm für 30 Sekunden gleichmässig mit einem besonders angepassten Blech aufgepresst.

c) Langzeitbeobachtungen über den Einfluss klimatischer Faktoren:

Bei diesen Versuchen haben wir den elektrischen Hautwiderstand sowie die Polarisationskapazität jeweils an 5 Tagen der Woche bei 9 weiblichen Versuchspersonen im Alter zwischen 16 und 20 Jahren untersucht. Die Versuche konnten wir über 7 Monate kontinuierlich durchführen. Dabei erstreckte sich der Beobachtungszeitraum über die Zeit zwischen Januar und Juli, so dass genügend unterschiedliche klimatische Verhältnisse beobachtet werden konnten. Die Untersuchungen gingen dabei so vor sich, dass wir die Messungen jeweils morgens um 9⁰⁰h durchführten. Zu dieser Zeit befanden sich die Versuchspersonen bereits seit 1 Std. im Raumklima. Es wurde streng darauf geachtet, dass den Messungen keine körperlichen Anstrengungen wie Treppensteigen und ähnl. vorausgingen. Um Vergleiche mit den Untersuchungen von BARNETT (5) anstellen zu können, wurden unsere Messungen bei 11160 Hz und 1000 Hz und bei einer Spannung von 2V ausgeführt. Gleichzeitig wurde an jedem Tag die Aussentemperatur sowie die

Raumtemperatur gemessen.

3. Ergebnisse.

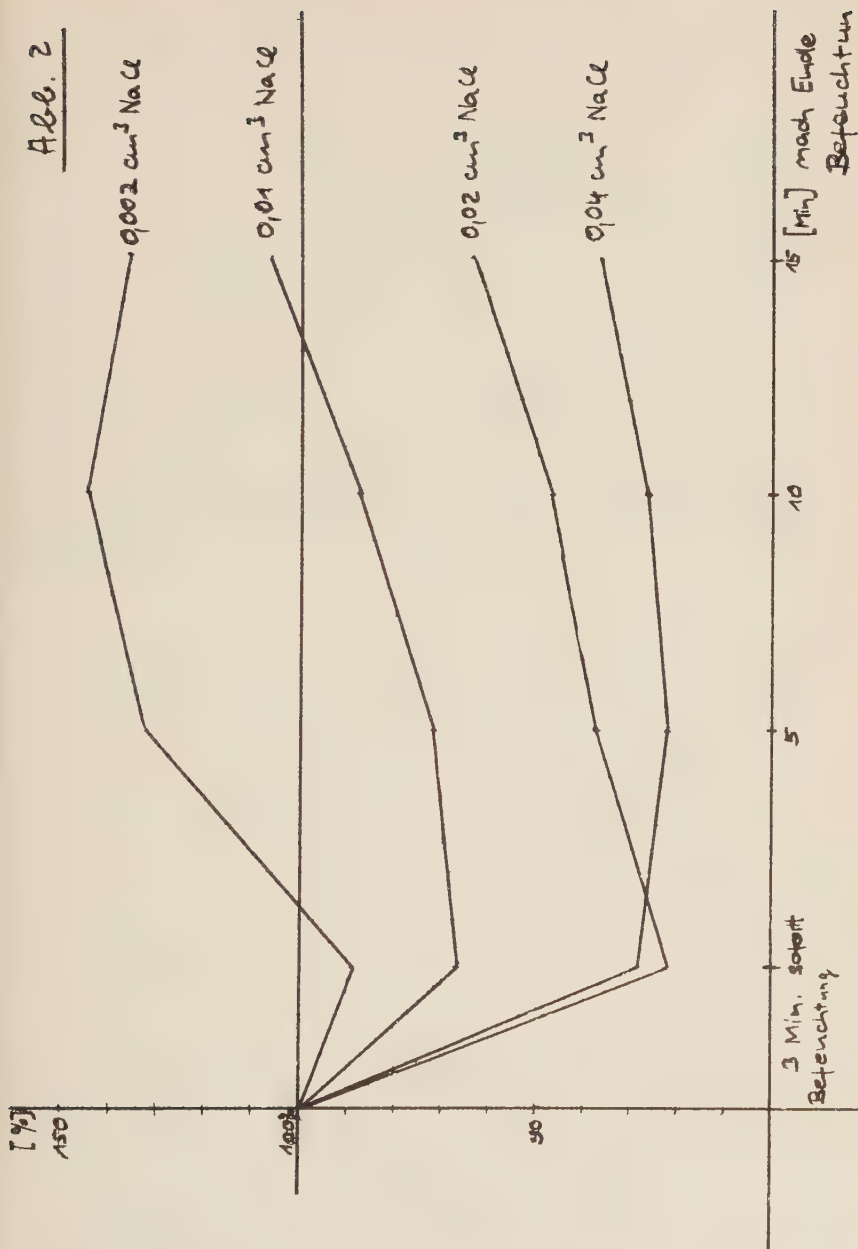
a) Hautbefeuchtungsversuche:

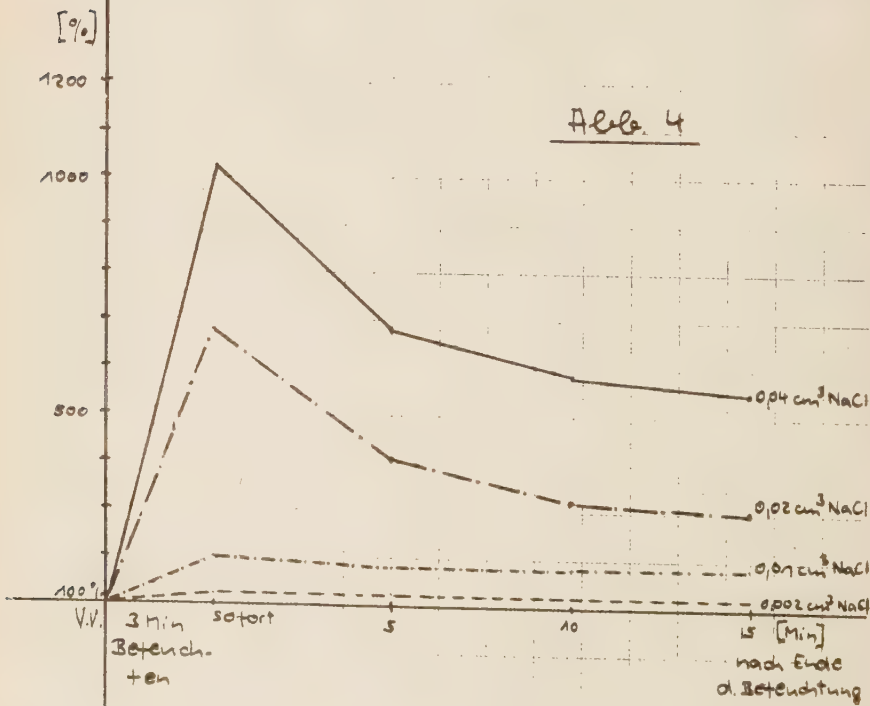
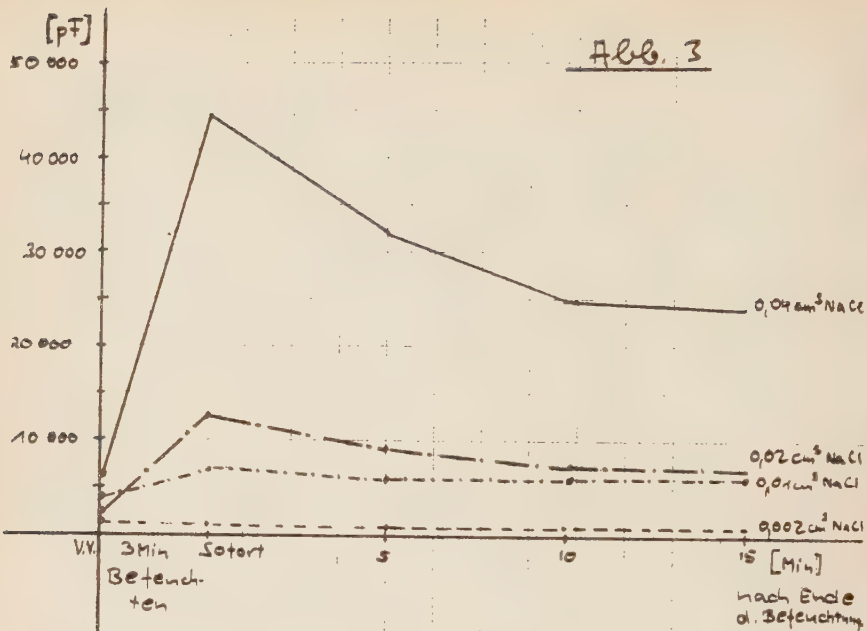
Da sich unsere Versuche über mehrere Monate erstreckten, war es uns unmöglich, die Raumtemperatur während des Untersuchungszeitraums auch nur annähernd konstant zu halten. In Übereinstimmung mit Beobachtungen von RUTENFRANZ (53), RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE und NIGGESCHMIDT (54) sowie RUTENFRANZ und WENZEL (56) stellten wir darum grosse intra- und interindividuelle Schwankungen, vor allem des Hautwiderstandes, weniger der Kapazität, fest. In den Vorversuchen, also vor Beginn der Hautbefeuchtung, lagen diese Unterschiede im Mittel etwa zwischen 310,7 K-Ohm und 39,9 K-Ohm, bei der Kapazität zwischen 1178,7 und 5735 pF.

Um die Abhängigkeit des Hautwiderstandes von der Hautdurchfeuchtung beschreiben zu können, haben wir darum, entsprechend den Vorschlägen von RUTENFRANZ und WENZEL (56), den Hautwiderstand der Vorperiode für jeden einzelnen Befeuchtungsversuch gleich 100% und die folgenden Widerstandswerte in Prozent zum Vorversuchswert berechnet. Auf diese Weise gelang es uns, die intra- und interindividuellen Hautwiderstandsunterschiede weitgehend zu eliminieren.

Der mittlere Verlauf der prozentualen Hautwiderstandsänderungen wurde in Abb. 2 für die einzelnen Befeuchtungsmengen aufgetragen. Dabei erkennt man, dass der Widerstand sofort nach erfolgter Hautbefeuchtung an allen Versuchsreihen im Mittel unter den Vorversuchswert absank. Das Ausmass der prozentualen Hautwiderstandsverminderungen wies allerdings charakteristische Unterschiede auf. So fiel der Widerstand bei einer Befeuchtung mit $0,002 \text{ cm}^3$ im Mittel nur um 11% ab, während er durch eine Befeuchtung mit $0,01 \text{ cm}^3$ um 33% vermindert wurde. Bemerkenswerterweise wurde der Hautwiderstand durch Befeuchtungen mit $0,02$ und $0,04 \text{ cm}^3$ praktisch um den gleichen Prozentsatz vermindert; so sank der Hautwiderstand nach $0,02 \text{ cm}^3$ Flüssigkeit um 78%, nach $0,04 \text{ cm}^3$ um 71% des Vorversuchswertes ab.

Im weiteren Verlauf stieg der Widerstand in allen Versuchsreihen allmählich wieder an. So lag der Widerstand 5 Min. nach einer Befeuchtung mit $0,002 \text{ cm}^3$ im Mittel um 30% über dem Ausgangswert und blieb auf diesem Wert etwa bis zur 15. Min. konstant. Nach einer Befeuchtung mit $0,01 \text{ cm}^3$ Flüssigkeit war der Hautwiderstand nach 5 und 10 Min. etwas angestiegen und lag nach der 15. Min. wieder über dem Ausgangswert. Der Verlauf der prozentualen Hautwiderstandsveränderungen ging nach einer Befeuchtung mit $0,02 \text{ cm}^3$ im wesentlichen dem entsprechenden Verhalten bei $0,01 \text{ cm}^3$ parallel. Allerdings lagen die Werte jeweils um 35-40% tiefer, so dass der Hautwiderstand in der 15. Min. noch um 35% unter dem Ausgangswert lag, was etwa dem Wert unmittelbar nach einer Befeuchtung mit $0,01 \text{ cm}^3$ Flüssigkeit entsprach. Nur nach einer Befeuchtung mit $0,04 \text{ cm}^3$ einer





0,3 %igen Kochsalzlösung sank der Widerstand noch bis zur 5. Min. weiter ab und stieg von da an nur allmählich an. So lag in der 15. Min. der Hautwiderstand noch um 65% unter dem Ausgangswert. Um zu prüfen, ob die beschriebenen Hautwiderstandsveränderungen durch herausfallende Einzelwerte vorgetäuscht wurden, haben wir die Häufigkeit, mit welcher der Ausgangswert sofort bzw. 5 Minuten nach Ende der Befeuchtung über- oder unterschritten wurde in der Tabelle 2 zusammengestellt. Diese Häufigkeitsunterschiede wurden dabei mit dem "Sign-Test" nach van der WAERDEN - NIEWERGELT (66) auf ihre Signifikanz überprüft. Die Tabelle 2 lässt erkennen, dass in allen Versuchsreihen die Werte unter dem Ausgangswert in jedem Versuchsabschnitt überwogen. Dabei wurde der Hautwiderstand in den Versuchen mit 0.002 cm^3 sofort und 5 Minuten nach Ende der Befeuchtung nur "wahrscheinlich signifikant" häufiger erniedrigt als erhöht. Der gleiche Befund lag auch in den Versuchen mit 0.01 cm^3 15 Minuten nach Ende der Befeuchtung vor. In allen übrigen Versuchsabschnitten kamen Unterschreitungen des Ausgangswertes "signifikant" häufiger vor als Überschreitungen.

Die Ergebnisse unserer Kapazitätsmessungen nach Befeuchtung der Haut mit 0,3 %iger NaCl-Lösung verschiedener Menge sind in Abb. 3 dargestellt. In dieser Abbildung erkennt man, dass die mittlere Hautkapazität in den einzelnen Versuchsreihen schon vor der Befeuchtung recht erhebliche Unterschiede aufwies. So schwankte die mittlere Hautkapazität während der Ruhe im Sitzen vor Versuchsbeginn zwischen 1179 und 5735 pF.

Nach der Befeuchtung der Haut mit 0.002 cm^3 Flüssigkeit trat keine merkliche Veränderung der Kapazität auf. Das Vorversuchsniveau wurde sogar praktisch bis zur 15. Minute nach Ende der Befeuchtung konstant gehalten. Durch die Hautbefeuchtung mit 0.01 cm^3 Flüssigkeit stieg die Kapazität von 4028 pF im Vorversuch auf 7 000 pF sofort nach Ende der Befeuchtung an und fiel dann allmählich innerhalb von 15 Minuten wieder auf einen Wert von 6200 pF ab.

Noch deutlicher wirkte sich die Hautbefeuchtung mit einer Flüssigkeitsmenge von 0.02 cm^3 aus. Die Kapazität stieg jetzt von 2838 pF im Vorversuch auf 15 500 pF unmittelbar nach Ende der Befeuchtung an. Innerhalb der folgenden 15 Minuten sank die Hautkapazität dann wieder allmählich auf einen Wert von 7200 pF ab, wobei die grösste Kapazitätsveränderung in den ersten 5 Minuten eintrat. Die Befeuchtung mit 0.04 cm^3 der 0,3 %igen NaCl-Lösung erzeugte schliesslich einen Kapazitätsanstieg von 5735 pF im Vorversuch auf 44 250 pF sofort nach Ende der Befeuchtungszeit. In den folgenden 5 Minuten fiel die Kapazität um 11 750 pF ab und erreichte nach 15 Minuten einen Wert von 24 000 pF.

Um zu prüfen, ob durch die unterschiedliche Hautbefeuchtung die Polerisationskapazität der Haut signifikant verändert wurde, haben wir in Tabelle 3 die Mittelwerte und Streuungen der einzelnen Versuchsabschnitte aufgeführt und die Mittelwertsunterschiede mit Hilfe der t-Funktion auf ihre Zufallswahrscheinlichkeit untersucht. In der Tabelle erkennt man, dass die Mittelwerte aller Versuchsabschnitte sehr grosse Streuungen aufwiesen, was dem Verhalten des Hautwiderstandes sehr ähnlich war.

Flüssigkeitsmengen	Zeit nach Ende der Befeuchtung							
	sofort			5 Minuten			15 Minuten	
	über 100 %	unter 100 %	P	über 100 %	unter 100 %	P	über 100 %	unter 100 %
0.002 cm ³	14	26	5 %	14	26	5 %	12	28
0.01 cm ³	8	32	1 %	11	29	1 %	14	26
0.02 cm ³	0	40	1 %	1	39	1 %	6	34
0.04 cm ³	2	38	1 %	1	39	1 %	4	36

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der Hautwiderstände über und unter dem Ausgangswert bei verschiedenen starker Hautbefeuchtung (Ausgangswert 100 %) (Prüfung der Häufigkeitsunterschiede auf ihre Signifikanz mit dem Sign-Test).

Zeit nach Ende der Befuchung:

	I. Vorversuch			II. sofort			III. 5. Minute			IV. 10. Minute			V. 15. Minute		
	AM	σ'	n	AM	σ'	n	AM	σ'	n	AM	σ'	n	AM	σ'	n
A : 0,002 cm ³	1179	± 1180	39	(59)	1120	± 480	37	(100)	1020	± 540	38	(60)	1080	± 520	38
Diff. A : B	2845 ^{xx}				5280 ^{xx}				5180 ^{xx}				5320 ^{xx}		
B : 0,01 cm ³	4028	± 4480	40	2972 ^{xx}	7000	± 8500	40	(800)	6200	± 8360	40	(200)	6400	± 5380	40
Diff. B : C	(1190)				8500 ^{xx}				(3300)				(1200)		
C : 0,02 cm ³	2838	± 1800	40	12652 ^{xx}	15500	± 8800	40	6000 ^{xx}	9500	± 8250	40	(1900)	7600	± 4800	40
Diff. C : D	2897 ^{xx}				28750 ^{xx}				23000 ^{xx}				17650 ^{xx}		
D : 0,04 cm ³	5735	± 4130	40	38515 ^{xx}	44250	± 44750	40	(11730)	32500	± 20000	40	(7250)	25550	± 17650	40
Diff. D : E													16800 ^{xx}		
													24000		
													(1250)		
													6200		
													(200)		
													7200		
													(400)		
													1080		
													(0)		
													5120 ^{xx}		
													8200		
													± 5340		
													(1000)		
													± 4600		
													16800 ^{xx}		
													24000		
													(1250)		
													± 16080		
													40		

TABELLE 3: Veränderungen der Hautkapazität durch das Auflagen unterschiedlicher Mengen einer 0,3 %igen NaCl-Lösung. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen durch t-Funktion)

Im einzelnen bestand zwischen allen Versuchsabschnitten während der Befeuchtung mit 0.002 cm^3 Lösung kein signifikanter Unterschied. Nach der Befeuchtung der Haut mit 0.01 cm^3 stieg die Kapazität "sehr signifikant" an, doch wies der Kapazitätsabfall zwischen der 1. und 15. Minute nach Ende der Befeuchtung keinen signifikanten Unterschied auf. Durch die Befeuchtung der Haut mit 0.02 cm^3 Salzlösung wurde die Hautkapazität gegenüber dem Vorversuchswert sofort "sehr signifikant" erhöht. Bis zur 5. Minute fiel die Kapazität dann wieder "sehr signifikant" ab, so dass 15 Minuten nach Ende der Befeuchtung ebenfalls ein "sehr signifikant" niedrigerer Wert als sofort nach der Befeuchtung erreicht wurde. Bei einer Befeuchtung mit 0.04 cm^3 trat zwar ebenfalls sofort eine "sehr signifikante" Erhöhung der Hautkapazität auf, doch war die Streuung der Einzelwerte so gross, dass im folgenden die Werte benachbarter Versuchsabschnitte sich nicht signifikant voneinander unterschieden. Nur zwischen dem Wert sofort nach Ende der Befeuchtung und der 15 Minuten später gewonnenen Kapazität fand sich ein "signifikanter" Unterschied.

In gleichen Versuchsabschnitten bestand nur sofort nach Ende der Befeuchtung zwischen allen Versuchsgruppen ein "sehr signifikanter" Unterschied. In den übrigen Versuchsabschnitten fand sich immer nur zwischen den Versuchen mit 0.002 und 0.01 cm^3 bzw. mit 0.02 und 0.04 ein "sehr signifikanter" Unterschied. Zwischen den Versuchen mit 0.01 und 0.02 cm^3 Flüssigkeit war ab der 5. Minute kein signifikanter Unterschied mehr nachzuweisen.

Da die absoluten Kapazitätswerte schon im Vorversuch grossen inter- und intraindividuellen Unterschiede aufwiesen, die während der Befeuchtungsversuche noch ausgeprägt wurden, haben wir auch die Kapazitätswerte der einzelnen Versuche wieder als prozentuale Schwankungen der entsprechenden Vorversuchswerte berechnet. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist in Abbildung 4 dargestellt, und man erkennt, dass der Kurvenverlauf dem der Abbildung 3 grundsätzlich sehr ähnlich ist. Allerdings fällt auf, dass die Steigerung der Kapazität durch Auftragen von 0.02 cm^3 NaCl-Lösung in der prozentualen Berechnung relativ grösser war als unter Berücksichtigung der Absolutwerte.

Um die Unterschiede bezüglich der prozentualen Steigerungen der Hautkapazität durch das Auftragen unterschiedlicher Flüssigkeitsmengen auf ihre Signifikanz zu prüfen, haben wir die mittleren prozentualen Abweichungen vom Vorversuchswert und deren Streuungen in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Prüfung der Mittelwertsdifferenzen auf ihre Zufallswahrscheinlichkeit erfolgte mit der t-Funktion. Wie die Tabelle erkennen lässt, wurde durch das Auftragen von 0.002 cm^3 Flüssigkeit die Hautkapazität im Mittel nur um 15 % erhöht. Diese geringe Steigerung blieb bis zur 15. Minute nach Ende der Befeuchtung bestehen. Signifikante Unterschiede bestanden weder zwischen benachbarten Versuchsabschnitten, noch zwischen der 1. und der 15. Minute nach Befeuchtungsende.

Durch Befeuchten der Haut mit 0.01 cm^3 0.3 %iger NaCl-Lösung wurde die Kapazität auf 197.5 % gegenüber dem Vorversuch gesteigert, ein signifikanter Abfall der Hautkapazität liess sich danach aber wiederum bis zur 15. Minute nicht

Zeit nach Ende der Befeuchtung:

	sofort				5. Minute				10. Minute				15. Minute			
	AM	$\bar{x}$	σ	n	Diff. 1 : 2	AM	$\bar{x}$	σ	n	Diff. 2 : 3	AM	$\bar{x}$	σ	n	Diff. 3 : 4	Diff. 4 : 1
A 0.002 cm ³	115.1	$\pm$ 47.7		37	(0.2)	114.9	$\pm$ 49.3		39	(2.6)	117.5	$\pm$ 56.6		40		
Diff. A : B		82.4 ^{xx}						67.6 ^x								(1.8)
B 0.01 cm ³	197.5	$\pm$ 114		40	(15.0)	182.5	$\pm$ 114		40	(2.5)	180	$\pm$ 112.5		40		
Diff. B : C		491.0 ^{xx}						225.0 ^{xx}								(20.0)
C 0.02 cm ³	688.5	$\pm$ 435.4		39	281.0 ^{xx}	407.5	$\pm$ 224.6		40	(85.0) ^x	322.5	$\pm$ 55.7		40		
Diff. C : D		384.5 ^{xx}						277.5 ^{xx}								386.0 ^{xx}
D 0.04 cm ³	1022	$\pm$ 520		39	337 ^x	685	$\pm$ 404		40	295.0 ^x	590	$\pm$ 335		40		
Diff.																472.0 ^{xx}

() = nicht signifikant (p > 5%)

(^x) = wahrscheinlich signifikant (p < 5%)

x = signifikant (p < 1%)

xx = sehr signifikant (p < 0.1%)

TABELLE 4: Prozentuale Änderung der Hautkapazität durch das Auftragen unterschiedlicher Mengen einer 0,3 %igen NaCl-Lösung. (Prüfung der Mittelwertdifferenzen durch t-Funktion)

nachweisen.

Die Verdoppelung der Flüssigkeitsmenge, mit der die Haut befeuchtet wurde, erzeugte eine Verdreifachung der prozentualen Kapazitätssteigerung. Sofort nach Ende der Befeuchtung mit 0.02 cm^3 war die Kapazität nämlich auf 688 % des Vorversuchswertes angestiegen und fiel innerhalb der nächsten 5 Minuten um 280 % sehr signifikant niedrigere Werte ab. Zwischen der 5. und 10. Minute trat ein weiterer, nur noch "wahrscheinlich signifikanter" Abfall ein, während zwischen der 10. und 15. Minute die Kapazität praktisch konstant blieb. Die grösste prozentuale Steigerung der Kapazität beobachteten wir nach Auftragen von 0.04 cm^3 der 3 %igen NaCl-Lösung. Sofort nach Ende der Befeuchtung trat eine Steigerung der Kapazität auf das 10-fache des Ausgangswertes ein. Bis zur 5. Minute ging die Kapazität auf "signifikant" niedrigere Werte zurück. Auch die prozentuale Steigerung der Kapazität in der 10. Minute lag noch "signifikant" niedriger als der Wert in der 5. Minute; der Wert der 15. Minute lag wiederum noch "wahrscheinlich signifikant" niedriger als der Wert in der 10. Minute.

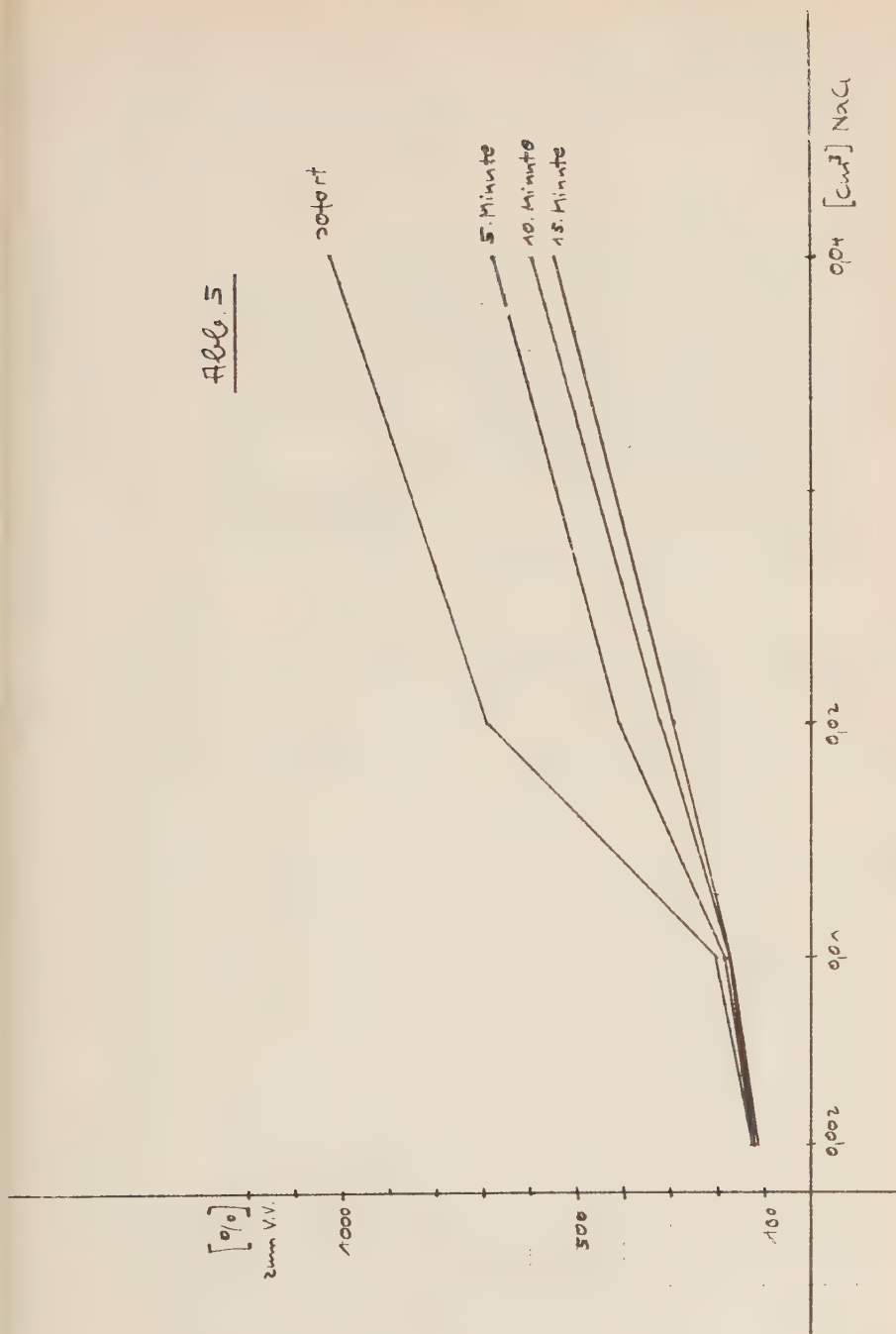
Die Tabelle 4 lässt weiter erkennen, dass innerhalb gleicher Versuchsabschnitte die prozentuale Steigerung der Kapazität zwischen benachbarten "Befeuchtungsstufen" jeweils "sehr signifikante" Unterschiede aufwies. Um diesen Befund näher zu veranschaulichen, wurde in Abbildung 5 die prozentuale Steigerung der Hautkapazität über den Ausgangswert durch die Befeuchtung mit unterschiedlichen Flüssigkeitsmengen für die einzelnen Versuchsabschnitte getrennt dargestellt. Wie diese Abbildung zeigt, lagen die prozentualen Kapazitätssteigerungen bis zu einer Befeuchtungsmenge von 0.01 cm^3 in allen Versuchsabschnitten sehr eng beieinander.

Ab einer Befeuchtungsmenge von 0.02 cm^3 traten jedoch stärkere Differenzierungen auf. Dabei wich die Hautkapazität insbesondere sofort nach Ende der Befeuchtung in linearer Progression von den Verhältnissen in den späteren Versuchsabschnitten ab. Diese lagen zwar auch noch jeweils der zeitlichen Reihenfolge nach geordnet untereinander, doch nahmen die Unterschiede zunehmend ab.

Dieser Befund spricht dafür, dass von einer bestimmten Hautbefeuchtung ab unter Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse offenbar der Dampfdruck auf der Haut so gross wird, dass zunächst sehr grosse, später geringere Wassermengen auf den oberen Hautlagern verdampfen. Mit dem Rückgang der Hautdurchfeuchtung nimmt die Kapazität dann in entsprechender Weise ebenfalls wieder zunächst schneller, später dann allmählich ab.

Vergleicht man die Veränderungen von Widerstand und Kapazität, wie wir sie in unseren Versuchen bei unterschiedlicher Befeuchtung der Haut beobachtet haben, miteinander, so fällt auf, dass eine geringere Zunahme der normalen Hautbefeuchtung bereits besonders deutliche Hautwiderstanderniedrigungen hervorruft, während die Kapazität nur geringfügig ansteigt. Bei zunehmender lokaler Hautdurchfeuchtung steigt dagegen die Kapazität linear mit der aufgetragenen Flüssigkeit an, während der Widerstand sich sehr schnell einem Grenzwert nähert, der nicht mehr unterschritten wird. Dies erklärt sich daraus, dass Widerstand und

Fig. 5



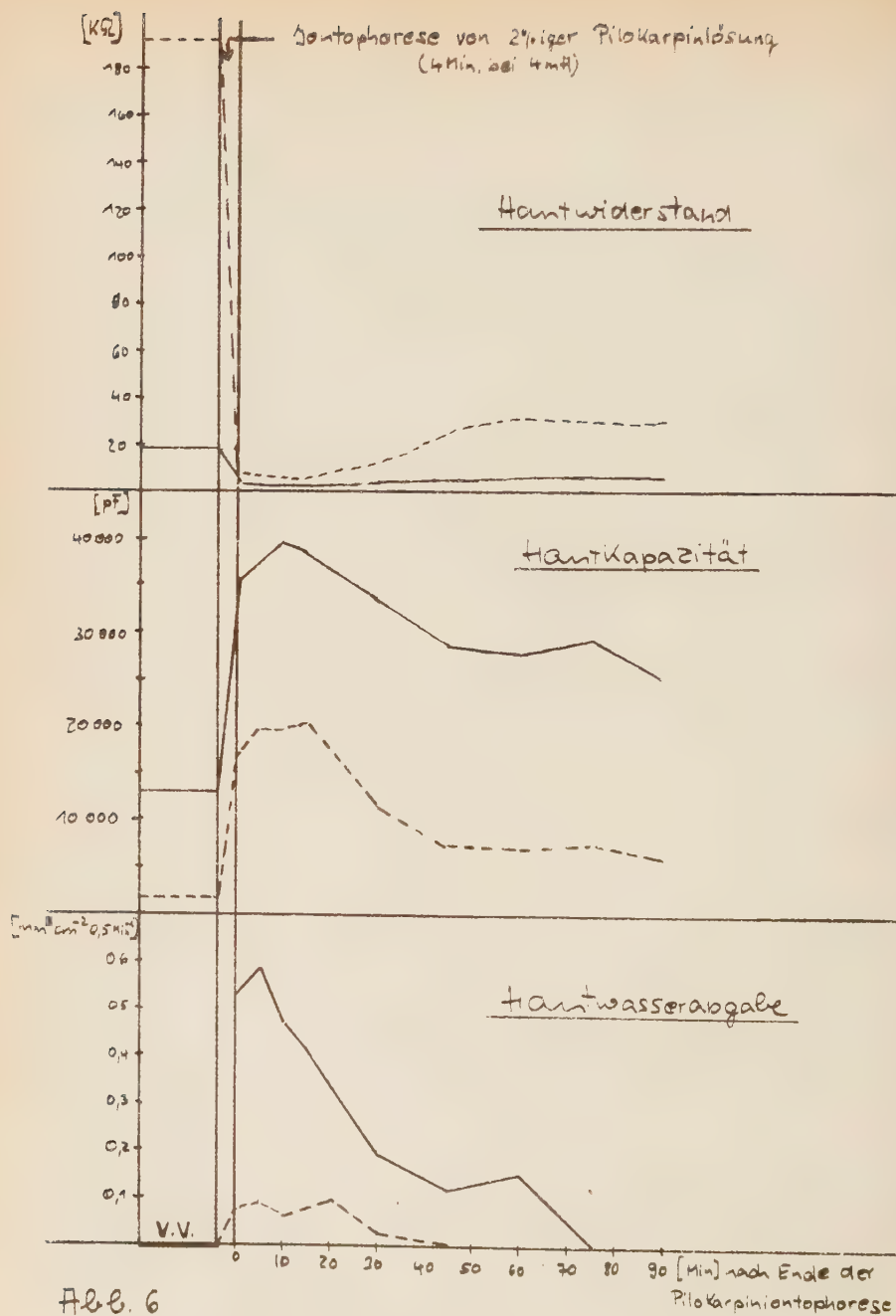


Abb. 6

--- Winterversuche
— Sommerversuche

Kapazität der Haut bei Wechselstrommessungen nicht in einem linearen Verhältnis zueinander stehen, wie manchmal angegeben wird (BOHNSTEDT und KLEE (7), RUTENFRANZ (53)), sondern eine geometrisch progressive Abhängigkeit voneinander aufweisen (RUTENFRANZ (53)).

b) Einfluss von Pilokarpinontophorese auf Hautwiderstand, Hautkapazität und Hautwasserabgabe:

Die Iontophorese von 2 %iger Pilokarpinlösung führten wir in 2 Versuchsreihen durch, von denen die 1. im Sommer, die 2. im Winter lag. Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde in der Abbildung 6 dargestellt.

Wie die Abbildung 6 erkennen lässt, war der elektrische Hautwiderstand vor Beginn der Pilokarpinontophorese im Winter mit $192\text{ K}\Omega$ etwa 10 mal so hoch wie im Sommer, wo er einen durchschnittlichen Wert von $17.4\text{ K}\Omega$ aufwies. Bei den im Winter durchgeführten Versuchen sank der elektrische Hautwiderstand durch die 4 Minuten dauernde Iontophorese sofort nach Ende der Iontophorese von $192\text{ K}\Omega$ im Vorversuch auf einen Wert von $7.2\text{ K}\Omega$ ab. Dieser Wert wurde praktisch noch 15 weitere Minuten beibehalten. Erst ab der 30. Minute nach Ende der Iontophorese stieg der Widerstand langsam wieder an und hatte in der 60. Minute einen Wert von $31.5\text{ K}\Omega$ erreicht, der bis zur 90. Minute nur unwesentlich unterschritten wurde.

In den Sommerversuchen fiel der Widerstand bemerkenswerterweise von dem sehr viel niedrigeren Ausgangsniveau durch die gleiche iontophoretische Einbringung von Pilokarpin sofort relativ sehr viel weniger, aber mit $4,2\text{ K}\Omega$ auf praktisch den gleichen Hautwiderstand wie in den Winterversuchen ab. Auch hier trat die erste Hautwiderstandserhöhung im Mittel wiederum nach 30 Min. auf, doch lag der Widerstand in der 90. Minute mit $5,2\text{ K}\Omega$ noch deutlich niedriger als zum gleichen Zeitpunkt in den Winterversuchen.

Die Hautkapazität zeigte ein wesentlich anderes Verhalten. Hier lagen die Vorversuche im Sommer etwa 8 mal so hoch wie im Winter. Nach Ende der iontophoretischen Einbringung von Pilokarpin in die Haut stieg die Kapazität bemerkenswerterweise in den Sommer- und Winterversuchen um einen annähernd gleichgrossen Wert an, doch wurde die grösste Kapazitätssteigerung nicht sofort, sondern erst 10 bzw. 15 Min. nach Ende der Iontophorese beobachtet. So war die Kapazität in den Sommerversuchen in der 15. Min. um 26000 pF abgestiegen; in den gleichartigen Versuchen im Winter hatte die Kapazität um 19000 pF zugenommen.

Im weiteren Verlauf fiel die Kapazität in beiden Versuchsreihen gleichsinig zunächst steil, nach der 45. Min. aber langsam ab. Insgesamt war der Kapazitätsverlauf im Sommer aber im Gegensatz zum Verhalten des Hautwiderstandes gegenüber den Winterwerten parallel verschoben. 90 Minuten nach Ende der Iontophorese war in beiden Versuchsreihen der Ausgangswert noch nicht wieder erreicht. In den Winterversuchen lag der Schlusswert im Mittel um $4\,400\text{ pF}$, in den Sommerversuchen sogar noch um $12\,500\text{ pF}$ über den Ausgangswerten.

Vergleicht man das Verhalten von Hautwiderstand und Hautkapazität nach Iontophorese von Pilokarpin mit dem Verlauf der Hautwasserabgabe, welche hier in $\text{mm}^3\text{cm}^{-2}30 \text{ sec}^{-1}$ aufgeführt wurde, so ergeben sich einige Unterschiede und Übereinstimmungen. Die colorimetrisch bestimmte Schweissabgabe haben wir in $\text{mm}^3\text{cm}^{-2}0.5 \text{ Min}^{-1}$ umgerechnet. Die perspiratio insensibilis dürfte darin nicht enthalten sein, da wir in Ruhe mit unserer Methode keine messbare Hautwasserabgabe erfassen konnten.

In den Sommerversuchen war die Hautwasserabgabe unmittelbar nach Ende der Iontophorese bereits deutlich erhöht, stieg aber noch bis zur 5. Versuchsmminute im Mittel weiter an. Im weiteren Verlauf ging die Hautwasserabgabe bis zur 30. Minute zunächst schnell, später nur noch zögernd zurück. Ab der 75. Minute konnten wir keine Steigerung der Hautwasserabgabe mehr nachweisen.

Vergleicht man diesen Verlauf mit dem entsprechenden Verhalten der Kapazität, so zeigt sich, dass Hautwasserabgabe und Hautkapazität in den Sommerversuchen sich sehr ähnlich verhielten. Allerdings bildeten sich die Kapazitätsveränderungen langsamer zurück als die Erhöhungen der Hautwasserabgabe, so dass der Eindruck entsteht, als ob die Steigerungen der Hautkapazität hinter den Änderungen der Hautwasserabgabe nachhinken würden.

In den Winterversuchen wurde die auf der Haut sichtbare Schweissmenge durch die gleiche Iontophorese mit Pilokarpin nur sehr viel weniger vermehrt als im Sommer. Der Verlauf war in den Winterversuchen ein ähnlicher wie in den Sommerversuchen. Allerdings konnte ab der 45. Minute keine sichtbare Schweissvermehrung mehr mit unserer Methode nachgewiesen werden.

Eine besondere Besprechung erfordern schliesslich noch die Beziehungen zwischen Hautwasserabgabe und Hautwiderstand. Obschon der Hautwiderstand nämlich vor allem in den Winterversuchen schon auf eine geringfügige Erhöhung der auf der Oberfläche sichtbaren Hautwasserabgabe sehr deutlich reagierte und sich praktisch dem bereits von RUTENFRANZ und WENZEL (56) beschriebenen Grenzwert näherte, gab der weitere Verlauf das Verhalten der Hautwasserabgabe nur in sehr unvollkommener Weise wieder. So stieg der Widerstand im Mittel praktisch erst dann wieder an, wenn auf der Haut keine sichtbare Schweissbildung mehr nachgewiesen werden konnte. Die sehr deutlichen Veränderungen vor allem im abfallenden Schenkel der Hautwasserabgabe in den Sommerversuchen beeinflussten dagegen den elektrischen Hautwiderstand praktisch überhaupt nicht.

Will man diese Befunde erklären, so wird man davon ausgehen müssen, dass durch die gleiche Iontophorese eine gleiche Steigerung der lokalen Schweissdrüsenproduktion im Sommer wie im Winter erwartet werden kann. Diese gebildete Schweissmenge kann aber im Sommer und im Winter nicht im gleichen Verhältnis auf der Hautoberfläche sichtbar werden. Nach ROTHMAN (52) stellen die Ausführungsgänge der Schweissdrüsen nämlich nicht bis zur Hautoberfläche geschlossene Schläuche dar, sondern weisen bereits vom Startum corneum ab Lücken auf.

Wenn nun die Schweissproduktion erhöht wird, so hängt das Ausmass der auf

der Oberfläche sichtbaren Schweissmenge davon ab, wieviel Schweiss vorher von den bekanntlich sehr hygroskopischen Zellen des Stratum comeum aufgesogen wird. Ist nämlich das Stratum comeum bereits reichlich für Schweiss durchtränkt, wie bei erhöhten Aussentemperaturen im Sommer, dann wird ein relativ grosser Teil der produzierten Schweissmenge auf der Hautoberfläche nachzuweisen sein. Umgekehrt kann nur ein geringer Teil der Schweissproduktion sichtbar werden, wenn das Stratum comeum nur geringe Flüssigkeitsmengen enthält und darum den grössten Teil der Schweissproduktion bereits aufnimmt.

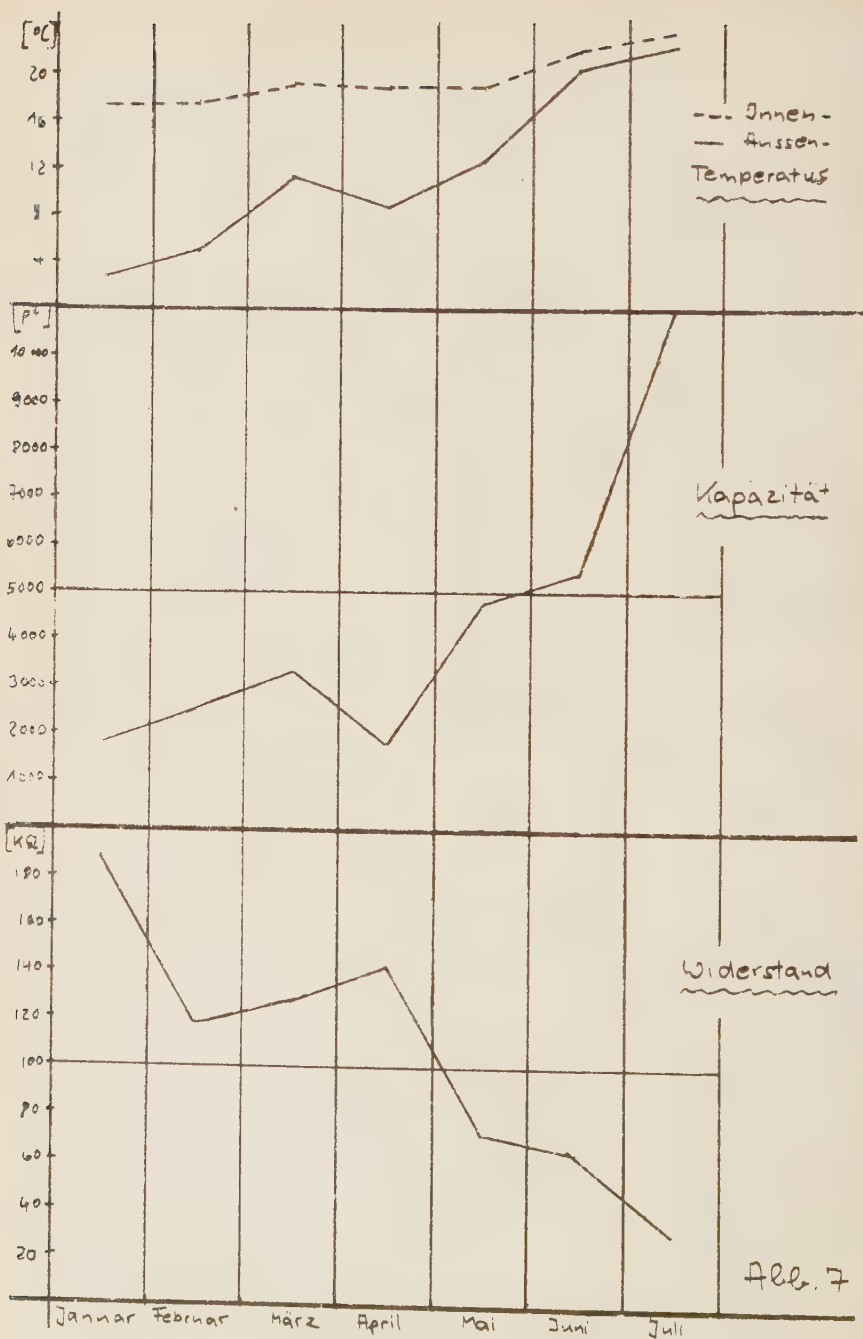
Von diesen Verhältnissen werden natürlich die elektrischen Eigenschaften der Haut nachhaltig beeinflusst. Da die Polarisationskapazität der Haut im Wesentlichen von der Zahl der Nebenschlüsse infolge interzellulärer Flüssigkeitsbrücken abhängt, muss sie im Sommer von vornherein grösser sein als im Winter. Durch die gleiche pharmakologische Stimulierung der Schweissproduktion wird aber im Sommer wie im Winter zusätzlich etwa der gleiche Zuwachs an Flüssigkeitsbrücken und damit an Nebenschlüssen im Hautkondensator entstehen. Der von uns beobachtete gleiche Kapazitätswuchs im Sommer und im Winter, welcher jeweils von einem anderen Ausgangsniveau erfolgte, entspricht dieser Erwartung und bestätigt die bereits von RUTENFRANZ und WENZEL (56) geäusserte Feststellung, dass Hautwasserabgabe und Hautkapazität in quantitativer Abhängigkeit voneinander stehen.

Im Gegensatz hierzu scheint der Wechselstromwiderstand der Haut einer sehr qualitativen Abhängigkeit von der Schweissproduktion zu unterliegen. In Übereinstimmung mit den Versuchen von RUTENFRANZ und WENZEL (56) nähert sich der Hautwiderstand nämlich ab einer bestimmten, bisher noch nicht genauer festzulegenden Hautdurchfeuchtung einem Grenzwert, der dann nicht weiter unterschritten wird.

c) Jahreszeitliche Änderungen von Widerstand und Kapazität der Haut.

Auf Grund der Untersuchungen von AUE und BECKER (2), sowie RUTENFRANZ und WENZEL (56), durch welche die Bedeutung klimatischer Faktoren auf das elektrische Verhalten der Haut nachgewiesen werden konnte, lag es nahe, die jahreszeitlichen Veränderungen des Hautwiderstandes und der Hautkapazität bei einer begrenzten Anzahl von Personen einmal über längere Zeit zu verfolgen. Um genügend grosse Klimaunterschiede beobachten zu können, führten wir unsere Untersuchungen darum von Januar bis einschliesslich Juli an jeweils 5 Tagen der Woche durch. Als Index der in dieser Zeit ablaufenden klimatischen Veränderungen wählten wir das Verhalten der Raumtemperatur, sowie der Aussentemperatur, da nach den Untersuchungen von RUTENFRANZ und WENZEL (56), den Änderungen der Umgebungstemperatur die grösste Bedeutung für das elektrische Verhalten der Haut zukommt.

In der Abb. 7 haben wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen zusammengestellt. Wir verfahren dabei so, dass für die einzelnen Monate aus allen Messungen jeweils die Mittelwerte gebildet wurden. So erkennt man in der Abbildung,



dass die Innentemperatur zwischen Januar und Mai in unserem nicht besonders klimatisierten Versuchsraum um 9 Uhr im Mittel nur zwischen 17 und 19°C schwankte, im Juni und Juli aber bis auf über 23°C anstieg. Im gleichen Zeitraum nahm die mittlere Aussentemperatur dagegen von 2-3°C auf 22°C zu. Dieser Anstieg der Aussentemperatur erfolgte nicht kontinuierlich, sondern wurde durch eine Temperatursenke im April unterbrochen.

Wie die Abbildung weiter erkennen lässt, zeigte die Kapazität einen sehr ähnlichen Verlauf wie die Aussentemperatur. So nahm die Hautkapazität bis März im Mittel zu, ging aber im April ebenso wie die Aussentemperatur noch einmal deutlich zurück, um dann bis zum Juli steil anzusteigen. Die mittlere Differenz in der Kapazität zwischen Januar und Juli betrug dabei 9280 pF. Dieser Mittelwertsunterschied wies, geprüft mit der t-Funktion, eine Zufallswahrscheinlichkeit von $< 1 : 1000$ auf.

Diesem Verlauf der Hautkapazität verhielt sich der elektrische Hautwiderstand zwar im allgemeinen entgegengesetzt, doch waren auch einige Besonderheiten zu beobachten. Der elektrische Hautwiderstand fiel nämlich zwischen Januar und Februar bei unseren Versuchspersonen besonders steil ab und stieg von da aus langsam zu einem neuen Gipfel im April an. Dieser Gipfel lag damit synchron zu den Senken der Aussentemperatur und der Hautkapazität, während die Innentemperatur keine derartige Markierung aufwies. Zwischen Mai und Juni veränderte sich der Hautwiderstand entsprechend dem Verhalten der Hautkapazität und im Gegensatz zum deutlichen Anstieg der Aussentemperatur nur verhältnismässig wenig. Während des Anstieges der Aussentemperatur von Juni auf Juli von 20 auf 22°C sank der Widerstand um einen durchschnittlichen Wert ab, während die Kapazität hier beinahe 50% der Gesamtveränderungen erfuhr.

Unsere Messungen mit 11 160 Hz ergaben praktisch die gleichen Verhältnisse, allerdings lagen die absoluten Widerstandswerte vor allem in den kalten Monaten sehr viel niedriger als die entsprechenden mit 1000 Hz gemessenen Hautwiderstände. Die Hautkapazität zeigte in den kalten Monaten dagegen in den absoluten Werten kaum Unterschiede, während die im Mai-Juli bei 1000 Hz gemessenen Werte sehr viel höher lagen.

Diese mittleren jahreszeitlichen Abhängigkeiten von Hautwiderstand und Hautkapazität umschliessen einige individuelle Besonderheiten, welche noch einer kurzen Erwähnung bedürfen. So lag der mittlere elektrische Hautwiderstand zwar bei allen unseren Versuchspersonen im Januar sowie im April besonders hoch, im Juli dagegen sehr niedrig, doch war die absolute Hautwiderstandshöhe bei den einzelnen Personen darüberhinaus sehr unterschiedlich. Der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten mittleren Hautwiderstand betrug dabei im Januar 101 K Ω , im April sogar 147 K Ω , während im Juli nur eine Differenz von 84 K Ω zu beobachten war.

Bemerkenswerterweise wies nun eine von unseren Versuchspersonen während der gesamten Untersuchungszeit immer den höchsten mittleren Hautwiderstand des Kollektivs auf. Die Rangreihe der übrigen Versuchspersonen bezüglich des elektri-

schen Hautwiderstandes blieb dagegen nicht so konstant. Nur eine andere Versuchsperson, welche im Januar den zweitniedrigsten Hautwiderstand aufwies, behielt im Verhältnis zu den anderen Versuchspersonen während der folgenden Monate einen besonders niedrigen Hautwiderstand bei.

Diese Befunde bestätigen damit die Beobachtungen von RUTENFRANZ und WENZEL (56), nach denen die Hautkapazität mit zunehmender Umgebungstemperatur ansteigt und der Widerstand absinkt. Die Umgebungstemperatur modifiziert aber offenbar nur eine individuell vorgegebene Höhe vor allem des elektrischen Hautwiderstandes, wobei - in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Rutenfranz und Wenzel - die Unterschiede bei niedriger Umgebungstemperatur deutlicher zu Tage treten als bei hohen.

In unseren Untersuchungen zeigte sich im Mittel darüberhinaus eine deutlichere Abhängigkeit des elektrischen Verhaltens der Haut von der Aussentemperatur als von der Innentemperatur. Dieser Befund steht nicht in vollem Einklang etwa mit den Klimakammerversuchen von RUTENFRANZ und WENZEL (56). Diese Differenz bestand vor allem bei den niedrigen Aussentemperaturen und wir möchten annehmen, dass der Aufenthalt von 60 Minuten Dauer in dem noch relativ kühlen Raumklima von 17 - 19°C nicht ausreichte, um die Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes durch den vorhergehenden längeren Aufenthalt bei wesentlich kälteren Temperaturen während des Weges zum Institut auszugleichen.

III. DIE DISKUSSION DER ERGEBNISSE:

Unsere Untersuchungen zeigen, dass Vorgänge welche die Durchfeuchtung der Haut steigern, den elektrischen Widerstand der Haut erniedrigen und die Polarisationskapazität erhöhen. Hierbei ist es ohne Belang, ob die Vermehrung der Durchfeuchtung durch eine pharmakologische bzw. klimatische Steigerung der Schweißdrüsenfunktion hervorgerufen wurde, oder ob die Hautfeuchtigkeit durch das Auftropfen von 0,3 %iger Salzlösung auf die Hautoberfläche eine Vermehrung erfuhr. Die Abhängigkeit zwischen Hautdurchfeuchtung und Polarisationskapazität zeigte einen linearen Verlauf, während der Widerstand mit zunehmender Hautfeuchtigkeit geometrisch progressiv asymptotisch zu einem Grenzwert abfiel.

Diese unterschiedlichen Verhalten von Widerstand und Kapazität der Haut war schon von RUTENFRANZ und WENZEL (56) bei ihren Klimakammerversuchen aufgefallen, wenn sie die Hautwasserabgabe des ganzen Körpers zu den von ihnen gemessenen Hautwiderständen und Hautkapazitäten begrenzter Messstellen in Beziehung setzten. Sie konnten in ihren Versuchen aber nicht klären, ob die gemessenen Hautwiderstände und Hautkapazitäten die Änderungen im elektrischen Verhalten der Haut nur im Bereich der Messstelle wiedergeben, oder ob weitere Teile der Körperoberfläche mit in den Messvorgang einbezogen werden, wie es die Untersuchungen von BLANK und FINESINGER (6) nahelegen würden.

Unsere eigenen Untersuchungen zeigen aber, dass die lokalen Veränderungen der Hautfeuchte im unmittelbaren Bereich der Messtelle das elektrische Verhalten der Haut bestimmen. Sowohl bei den Hautbefeuchtungsversuchen mit 0,3 %iger Kochsalzlösung als auch bei den Pilokarpinversuchen konnten wir durch unsere Versuchsanordnungen garantieren, dass nur die den Elektroden anliegenden Hautflächen in ihrer Feuchtigkeit verändert werden. Damit kommt den lokalen Änderungen in der Zahl der Nebenschlüsse des Hautkondensators die grösste Bedeutung für den Widerstand und die Polarisationskapazität der Haut zu.

Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Beobachtungen von RICHTER (48) sowie REGELSBERGER (47), welche der Hautdurchfeuchtung keine wesentliche Bedeutung für das elektrische Verhalten der Haut einräumten, weil sie grosse Hautwiderstandsänderungen in ihren Versuchen beobachteten, ohne dass die Haut sichtbar feucht geworden wäre. Nun kann aber bekanntlich selbst eine grosse Hautwasserabgabe unter entsprechenden klimatischen Bedingungen auf der Hautoberfläche nicht zu sehen sein. Insbesondere unsere im Winter durchgeführten Pilokarpinversuche zeigen in Übereinstimmung hiermit und mit ähnlichen Befunden von RUTENFRANZ und WENZEL (56), dass bei hohen Ausgangswiderständen bereits geringe Steigerungen der Schweißproduktion sehr deutliche Widerstandserniedrigungen hervorrufen können, ohne dass die Hautoberfläche eine sichtbare Schweißbildung zeigen müsste.

Das Verhalten der elektrischen Hautwiderstände reagiert damit vor allem im Bereich hoher Hautwiderstände sehr empfindlich schon auf geringe Änderungen der Hautdurchfeuchtung. Bei niedrigen Hautwiderständen hat dagegen auch eine sehr starke Steigerung der Hautdurchfeuchtung nur noch einen unwesentlichen oder sogar keinen Einfluss mehr auf den elektrischen Hautwiderstand. Die Grösse der Hautdurchfeuchtung, welche für das Erreichen dieses Grenzwertes notwendig ist, dürfte individuell verschieden sein und kann auf Grund unserer Versuche noch nicht angegeben werden.

Im Gegensatz hierzu lassen sich geringe Unterschiede der Hautdurchfeuchtung nicht mit Kapazitätsmessungen erfassen. Da die Hautkapazität linear mit der Hautdurchfeuchtung ansteigt, geben ihre Veränderungen besser die unterschiedliche Hautdurchfeuchtung bei grösseren Hautwasserabgaben wieder.

Obschon damit gerade die Polarisationskapazität der Haut in quantitativer Abhängigkeit zur Hautwasserabgabe steht, müssen die individuellen Besonderheiten sorgfältig beachtet werden. Diese wirken sich insbesondere bei den Veränderungen des elektrischen Hautwiderstandes aus und sind bei geringer Hautdurchfeuchtung besonders gross. In Übereinstimmung mit den Untersuchungen von RUTENFRANZ und WENZEL (56) möchten wir dabei annehmen, dass die unterschiedliche Höhe des Hautwiderstandes besonders unter kalten klimatischen Bedingungen auf einer unterschiedlichen Aktivität der Schweißdrüsen bei den verschiedenen Menschen zurückgeführt werden muss.

Die eingangs zitierten Beobachtungen mehrerer Autoren über die grossen Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes im Kindesalter lassen sich auf

Grund unserer Untersuchungen damit auf Veränderungen der Hautdurchfeuchtung zurückführen. Geht man von den Vorstellungen aus, welche vor allem GILDEMEISTER (21), sowie SCHAEFER (60) und LULLIES (34) über das elektrische Verhalten der Haut entwickelt haben, so scheint der Hautkondensator bei Befeuchtungszunahme der Haut durch die wachsende Zahl von Flüssigkeitsbrücken, welche die "Kondensatorbrücken" des Hautepithels durchlöchern, zunehmend undicht zu werden. Die Haut verhält sich dabei also wie ein Kondensator, der durch Nebenschlüsse ständig Verluste erleidet: seine Kapazität steigt an und sein Widerstand sinkt ab.

Ist die Haut nun sehr wenig feucht, ist also die Zahl der aktiven Schweissdrüsen etwa bei Ruhe und kalter Umgebungstemperatur nur sehr gering, so muss der polarisatorische Scheinwiderstand der Haut sehr gross sein, was durch zahlreiche Beobachtungen aus der Literatur bestätigt wird (z. B.: AUE und BECKER (2), RUTENFRANZ und WENZEL (56), NESSWETHA (39), WAGNER (67). Unsere Untersuchungen zeigen darüberhinaus aber, dass bei hohen Ausgangswiderständen schon eine sehr geringe Zunahme der Hautdurchfeuchtung genügt, um die Zahl der Nebenschlüsse so zu vermehren, dass der Hautwiderstand sehr grosse Veränderungen erfährt. Da solche geringfügigen Feuchtigkeitszunahmen der Haut unter entsprechenden klimatischen Bedingungen aber sehr schnell wieder abdampfen können, so werden die immer wieder beobachteten starken Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes verständlich.

Als praktische Schlussfolgerung ergibt sich damit aus unseren Untersuchungen, dass man bei jedem Messvorgang an der Haut die Befeuchtung möglichst konstant halten muss, wenn man vergleichbare Ergebnisse erwarten will. Dies gilt insbesondere für jede Bestimmung des elektrischen Hautwiderstandes. Schon aus diesem Grunde muss die von REGELSBERGER (47) entwickelte Methode des Elektrodermatogramms mit grossen Fehlern behaftet sein, da REGELSBERGER (47) weder den Feuchtigkeitsgehalt der ableitenden Elektroden, noch die Zeit, während der diese feuchten Elektroden der Haut anliegen, konstant hält. Aus unseren Untersuchungen geht weiter hervor, dass die Messung des elektrischen Hautwiderstandes insbesondere in der Klinik nur sinnvoll angewendet werden kann, wenn alle Faktoren, welche die Durchfeuchtung der Haut ändern, also insbesondere die klimatischen Bedingungen, unter Beachtung strenger Kautelen konstant gehalten werden.

ZUSAMMENFASSUNG:

Nach einem kurzen Einblick in die Literatur über das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes im Kindesalter, sowie über seine Abhängigkeit von klimatischen Faktoren, der körperlichen Aktivität, verschiedenen Pharmaka und der Jahreszeit wird über eigene Untersuchungen berichtet. Diese sollen vor allem klären, wodurch die in der Literatur beschriebenen grossen Schwankungen des elektrischen Hautwiderstandes bei Kindern hervorgerufen werden.

Aus diesem Grunde wurden Untersuchungen über den Einfluss der Hautdurchfeuchtung auf den elektrischen Widerstand und die Polarisationskapazität der Haut durchgeführt. Dabei erzeugten wir unterschiedliche Durchfeuchtungen der Haut an begrenzten Messtellen durch Iontophoresen von Pilokarpin sowie durch Auf-tropfen 0,3 %iger NaCl-Lösung in Mengen zwischen 0,002 und 0,04 cm³ auf eine Hautstelle von 3 mal 4 cm. Ausserdem untersuchten wir die jahreszeitliche Ab-hängigkeit von Widerstand und Kapazität der Haut während der Monate Januar bis Juli.

Da manche dieser Untersuchungen recht schmerzhaft waren, führten wir unsere Versuche nicht mit Kindern, sondern mit Jugendlichen und Studenten durch. Unser Untersuchungsgut, das wir an 24 Personen ermittelten, umfasst insgesamt je 5620 Einzelbestimmungen des Hautwiderstandes und der Kapazität.

Widerstand und Kapazität der Haut wurden bei 1000 Hz/2V in einer Wheatstoneschen Messbrücke gemessen. Die Bestimmung der Hautwasserabgabe erfolgte mit einer colorimetrischen Methode, wobei als Wasserindikator die Substanzen der Berliner-blau-Probe verwandt wurden.

In unseren Versuchen ergab sich eine deutliche jahreszeitliche Abhängigkeit des elektrischen Hautwiderstandes. Der Widerstand der Haut war in den kalten Wintermonaten sehr hoch, im Sommer sehr niedrig. Die Kapazität verhielt sich umgekehrt.

Durch Pilokarpin-Iontophoresen konnten wir die Hautwasserabgabe im Sommer stärker steigern als im Winter. Auch die Hautkapazität stieg im Sommer auf einen höheren Wert nach der gleichen Iontophorese an als im Winter. Allerdings war der Kapazitätswachstum bezogen auf den Ausgangswert im Sommer und Winter gleich. Der Hautwiderstand lag im Winter sehr viel höher als im Sommer, fiel aber durch die Iontophorese praktisch auf den gleichen Wert ab.

Mit zunehmender Hautdurchfeuchtung durch 0,3 %ige Salzlösungen gelang es ebenfalls, die Hautkapazität zu steigern und den Widerstand zu senken. Die Hautkapazität stieg dabei linear mit zunehmender Hautdurchfeuchtung an, während der Widerstand geometrisch progressiv zu einem Grenzwert abfiel.

Für das Verhalten des elektrischen Hautwiderstandes ist damit die Hautdurchfeuchtung trotz individueller Unterschiede von entscheidender Bedeutung. Bei hohen Hautwiderständen, wie man sie vor allem im Winter findet, genügen schon geringe Änderungen der Hautdurchfeuchtung, um starke Schwankungen des Hautwiderstandes hervorzurufen. Auf die Bedeutung dieser Ergebnisse für die Ver-

wendung von Hautwiderstandsmessungen in der klinischen Diagnostik wird kurz eingegangen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Aubert, P.: Modifications subies par la sécrétion de la sueur dans
la maladies de la peau.
Ann. de Dermat. 9, 359 (1877)

2. Aue, H. und F. Becker: Untersuchungen über den Einfluss des Wettergeschehens
auf den elektrischen Hautwiderstand.
Ärztl. Forsch. 9, 280 (1955)

3. Aveling, F. und R. I. S. McDowall:
The effect of the circulation on the electrical resistance
of the skin.
J. of Physiol. 60, 316 (1925)

4. Baitsch, H.: Über die Variabilität und Erblichkeit des akralen Haut-
widerstandes.
Acta. genet. et statist. med. (Basel) 5, 72 (1954)

5. Barnett, A.: Seasonal variations in the epidermal impedance of
human skin.
Amer. J. Physiol. 129, 306 (1954)

- 5a. Barnett, A.J.: Sweating in man from the intradermal injection of
noradrenalin.
Nature (London) (1951) 167, 482

6. Blank, H. I. und J. E. Finesinger:
Electrical resistance of the skin.
Arch. of Neur. 56, 544 (1946)

7. Bohnstedt, R. M. und G. Schulz-Klee:
Untersuchungen über das Verhalten des Hautwiderstan-
des gegenüber Wechselstrom.
Arch. f. Dermat. 196, 367 (1953)

8. Bornemann, E.: Die methodische Verwendbarkeit der elektrischen
Hautphänomene.
Med. Welt 1941, 1020

9. Brauch, F.: Über den Gleichstromwiderstand der Haut bei Schweiss-
ausbruch.
Z. exper. Med. 109, 585 (1941)

10. Brun, R. M.: Recherches sur la sécrétion sudorale et la sécrétion
sebacée. Méthodes et expériences.
Arch. Sci. (Genève) 7, 243 (1954)

11. Brun, R.M., F. Favre und A. Linder:
Expériences sur la transpiration
Dermatologica (Basel) 108, 257 (1954)
12. Chalmers, T.M. und C.A. Keele:
The nervous and chemical control of sweating.
Brit. J. Dermat. 64, 43 (1952)
13. Czerny, A.:
Beobachtungen über den Schlaf im Kindesalter unter
physiologischen Verhältnissen.
Jahrb. f. Kinderheilkunde u. psych. Erz.
14. Dale, H.H.:
Nomenclature of fibres in the autonomic system and
their effects.
J. of Physiol. 80, 10 (1934)
15. Dale, H.H. und W. Feldberger:
The chemical transmission of secretory impulses to the
sweat glands of the cat.
J. of Physiol. 82, 121 (1934)
16. Daskalov, D., M. Markov und E. Milarov:
Method for determining the reactivity of the vegetative
nervous system.
C.r. Acad. Bulgare sc. 10, 167 (1957)
17. Ebbecke, U.:
Zur Physiologie der Haut.
Arch. f. Dermat. u. Syphilis 200 (1951)
18. Engels, H.J.:
Die Wirkung von Adrenalin auf die Schweißdrüsen des
Menschen bei elektrophoretischer Applikation.
Arch. exper. Path. u. Pharmak. 221, 355 (1954)
19. Forell, M.M.:
Untersuchungen über das EDG bei durch zentralnervöse
Reize ausgelösten vegetativen Reaktionen.
Z. exper. Med. 117, 171 (1951)
20. Fröhlich, A. und E. Zack:
Untersuchungen über die periphere Schweißsekretion.
Naunyn-Schmiedberg Arch. 168, 620, (1932)
21. Gildemeister, M.:
Über die Polarisierung der Elektroden, die zu elektrophysiologischen Zwecken gebraucht werden.
Z. f. biol. Technik u. Methodik 3, 28 (1915)
22. Gernand, K.:
Untersuchungen über die Verwendbarkeit des elektrischen
Hautleitwertes (EDG) in der klinischen Diagnostik.
Ärztli. Wschr. 1957, 139

23. Haimovici, H.: Evidence for adrenergic sweating in man.
. J. Appl. Physiol. 2, 512 (1950)
24. Hirschberger, M. und R. Reiter:
Wettervorgänge und Sonneneruptionen beeinflussen
den elektrischen Hautwiderstand.
Dtsch. med. Wschr. 1953, 1640
25. Hurley, H.J. und H. Mescon:
Localization of spezific cholinesterase about the
eccrine sweat glands of human volar skin.
Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med. 92, 103 (1956)
26. Ishihashi, T.: Method of observing sweat drops on the skin covered
with oil, and several observations with this method.
J. orient. Med. 25, 107 (1936)
27. Jasper, H.: An improved clinical Dermometer.
J. of Neurosurg. 2, 257 (1945)
28. Jasper, H. und P. Robb:
Studies of electrical skin resistance in peripheral
nerve lesion.
J. of Neurosurg. 2, 261 (1945)
- 28a. Jürgensen: Mikrobeobachtungen d. Schweißsekretion der Haut des
Menschen unter Kontrastfärbung.
Deutsch. Arch. Klin. Med. 144, 198 (1924)
29. Krause, R.A., H. Storz und A. Voelkel:
Gleichstrommessungen an der menschlichen Haut.
Klin. Wschr. 1957, 674
30. Kötschau, K.: über Hautkapazitätsmessungen
Z. exper. Med. 91, 764 (1933)
31. Koller, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen.
Steinkopff, Darmstadt 1953
32. Kuno, Y.: Human perspiration.
Springfield III : Ch. C. Thomas 1956
33. Levine, M.: Measurement of electrical skin resistance
Arch. Neurol. a. Psychiat. 29, 828 (1933)
34. Lullies, H.: Methoden zur Messung des Widerstandes und der Pola-
risation von Geweben.
Abderhaldens Handbuch Abt. V, 7, 1171 (1932)

35. Manuila, L. und H. Isler:
Nouveau test de transpiration.
Dermatologica (Basel) 102, 302 (1951)
36. Masui, I.:
1944. Zitiert nach Y. Kuno, Human perspiration 1956
37. Minor, V.:
Studien aus dem Gebiete der Schweißsekretion.
Verh. 1. Internat. Neur. Kongr. S. 341 (1932)
38. Müller, E.A.:
Zitiert nach Rutenfranz, J. und Th. Hettinger.
Radmarkt 4, 13 (1952)
39. Nesswetha, W.:
Elektrodermatogramm und vegetatives Nervensystem.
Klin. Wschr. 1953, 541
40. Nyberg, W., G. Östling und R.W. Gasström:
Effect of Hydergin and Tetramon Bromide (tetra-ethyl-ammonium Bromide) on electrical skin resistance.
Acta pharmacol. (Kobenh.) 6, 364 (1950)
41. Perry, D.J. und G.E. Mount:
A comparison of the effect of atropine and placebo on the galvanic skin resistance.
J. Invest. Dermat. 22, 497 (1954)
42. Perutz, A.:
Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten Bd.5,
S. 1
43. Quensel, W.:
Über Messungen der Polarisationskapazität der Haut.
Z. exper. Med. 91, 764 (1935)
44. Randall, W.C.:
Methode zur Aktionsbestimmung von Schweißdrüsen.
Amer. J. Physiol. 147, 391 (1946)
45. Randall, W.C. und McClure:
Continued response to stimulation.
J. Appl. Physiol. 2, 72 (1949)
46. Ray, B.S. und A.D. Console:
Residual sympathetic pathways after paravertebral sympathectomy.
J. of Neurosurg. 5, 23 (1948)
47. Regelsberger, H.:
Hautwasserabgabe und Körpertemperatur in ihrer Beziehung zum EDG.
Z. exper. Med. 93, 222 (1934)
48. Richter, C.P.:
Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin.
Amer. J. Physiol. 88, 596 (1929)

49. Richter, C.P.: Instruction for using the cutaneous resistance recorder or "dermometer" on periploral nerve injuries, sympathectomies and paravertebral blocks.
J. of Neurosurg. 3, 181 (1946)
50. Richter, C.P. und P.D. Malone:
Peripheral nerve lesion charts.
J. of Neurosurg. 2, 550 (1945)
51. Richter, C.P. und F.G. Whelan:
Description of a skin galvanometer that gives a graphic record of activity in the sympathetic nervous system.
Arch. of Neurosurg. 6, 279 (1949)
52. Rothmann, St.: Physiology and Biochemistry of the skin.
Chikago 1954
53. Rutenfranz, J.: Zur Frage einer Tagesrhythmik des elektrischen Hautwiderstandes beim Menschen.
Internat. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 152 (1955)
54. Rutenfranz, J., Th. Hellbrügge und W. Niggeschmidt:
Über die Tagesrhythmik des elektrischen Hautwiderstandes bei elfjährigen Kindern.
Z. Kinderheilk. 78, 144 (1956)
55. Rutenfranz, J. und G. Rieve In Vorbereitung.
56. Rutenfranz, J. und H.G. Wenzel:
Über quantitative Zusammenhänge zwischen Wasserabgabe, Wechselstromwiderstand und Kapazität der Haut bei körperlicher Arbeit und unter verschiedenen Raumtemperaturen.
Internat. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 17, 155 (1958)
57. Saito, K.: Observations on the discharge of sweat drops from the sweat pores in man.
J. orient. Med. 25, 107 (1936)
58. Salge, B.: Die elektrische Nervenirregbarkeit im Kindesalter.
Zeitschr. f. Kinderheilkunde
59. Saviano, M.: Die Beeinflussung des Hautwiderstandes durch körperliche Arbeit.
Arbeitsphysiol. 10, 324 (1938)

60. Schaefer, H.: Handbuch der Elektrophysiologie.
61. Silvermann, J.J. und V.E. Powell:
Failure of sweat mechanism in desert.
Amer. J. Med. Sci. 208, 297 (1944)
62. Sonnenschein, R.R., H. Kobrin, H.R. Janowitz und M.J. Grossmann:
Stimulation and inhibition of human sweat glands by
intra-dermal sympathomimetic agents.
J. Appl. Physiol. 3, 573 (1951)
63. Stollberg, Th.: Elektrodermatogramm-Diagnostik im Kindesalter unter
besonderer Berücksichtigung der vegetativen Tonuslage
und ihre Beeinflussung durch vegetativ wirksame Phar-
maka.
Diss. Hamburg 1955
64. Tagaki: unveröffentlicht, zitiert nach Kuno
65. Tompson, J.E., N.A. Brose und R.H. Smithwick:
Patterns of electrical skin resistance following
sympathectomy.
Arch. Surg. 60, 431 (1945)
66. Van der Waerden, B.L. und E. Nievergelt:
Tafeln zum Vergleich zweier Stichproben mittels
x-Test und Zeichentest.
67. Wagner, jr. H.N.: Electrical skin resistance studies in two persons with
congenital absence of sweat glands.
Arch. of Dermat. 65, 543 (1952)

Herrn Professor Dr. Th. HELLBRÜGGE danke ich ergebenst für die Überlassung des Themas, für die Übernahme des Referats sowie für seine freundliche Unterstützung bei der Arbeit.

Zu grossem Dank bin ich Herrn Dr. Dr. J. RUTENFRANZ verpflichtet, der durch seine freundliche Hilfe die Arbeit sehr gefördert hat.

LEBENS LAUF

Ich, Sylvia Broili, wurde am 9. März 1936 als erstes Kind des Physikers Dr. phil. Heinz Broili und seiner Ehefrau Dr. med. Eva Broili, geborene Leo, in Stuttgart geboren.

Nach dem Tode meiner Mutter im Jahre 1943 - mein Vater war schon im Dezember 1935 gestorben - wuchs ich im Hause von Professor Dr. med. Walther Scharpff und seiner Ehefrau Dr. phil. Sabine Scharpff, geborene Förster, auf.

Nach vier Jahren Grundschule, die ich teils in Stuttgart teils in dem Dorf Mühlbach/Main absolvierte, trat ich im Herbst 1946 in die 1. Klasse des Hölderlin-Gymnasiums in Stuttgart ein und besuchte dieses neun Jahre lang. Im Februar 1955 legte ich dort die Reifeprüfung ab.

Im Herbst 1955 begann ich mit dem Medizinstudium in Tübingen. Vom 3. bis zum 5. Semester studierte ich an der Universität Hamburg und bestand dort im März 1958 die Ärztliche Vorprüfung.

Nach einem Sommersemester an der Universität Innsbruck und einem Wintersemester an der Freien Universität Berlin, studierte ich die letzten vier klinischen Semester in München und ich beabsichtige im Frühjahr 1961 hier in München das Medizinische Staatsexamen abzulegen.

